UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CS. APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

MANUAL DE TABLAS
FISICOQUÍMICA

Shirley Marfisi
Ana Rita Colmenares

Realizado por: Wilfredo Ruiz
Segunda edición, 2013

INTRODUCCIÓN

El presente **Manual de Tablas de Fisicoquímica I** es una recopilación de tablas y figuras (nomogramas y gráficas generalizadas) de diferentes fuentes bibliográficas, las cuales son de uso recurrente y necesarias para estimar las propiedades fisicoquímicas de la materia en sus tres estados de agregación (gas, líquido y sólido), tales como densidad, compresibilidad, expansibilidad, capacidad calorífica, calores latentes (fusión, vaporización y sublimación), y las propiedades de transporte (viscosidad, conductividad calorífica y difusividad másica).

Permite al estudiante leer directamente el valor de otras propiedades sin necesidad de calcularlo a través de ecuaciones, como por ejemplo: el peso específico relativo, las propiedades críticas de presión, volumen, temperatura, factor de compresibilidad, viscosidad y conductividad; valores del factor acéntrico requeridos en las ecuaciones de estado de Peng/Robinson y Soave/Redlich/Kwong. Así como también, que pueda estimar de manera sencilla algunas propiedades (viscosidad, conductividad, presión, temperatura, volumen molar, entre otras) a través de los nomogramas y gráficas generalizadas.

Le suministra al estudiante las constantes de las ecuaciones de estado para predecir las variables de estado; las constantes de Antoine para la presión de vapor; los calores sensibles y latentes; los puntos de ebullición y fusión; y los parámetros de Lennard-Jones para las propiedades de transporte.

Este manual representa una herramienta didáctica de gran utilidad en el proceso de enseñanza de la asignatura Fisicoquímica I, sin el cual el estudiante no podría alcanzar los objetivos de la misma. Además, permite disponer de una información ordenada y recopilada de manera sencilla, que no sólo servirá en esta asignatura sino en todas las demás asignaturas de la carrera de Ingeniería Química (Termodinámica, Fenómenos de Transporte, Operaciones Unitarias, otras.).

La información se presenta siguiendo el orden de los capítulos de la asignatura, los cuales son:

Capítulo 1: Introducción a la Fisicoquímica I de Ingeniería Química.

Capítulo 2: Líquidos y Equilibrio de Fases.

Capítulo 3: Comportamiento PVT de los Gases y sus Mezclas.

Capítulo 4: Propiedades Físicoquimicas de Gases, Líquidos y Sólidos.

OBJETIVOS

Con este manual se desea que el estudiante alcance los siguientes objetivos:

1) Utilizar los diferentes sistemas de unidades en la resolución de problemas de la signatura Fisicoquímica.
2) Realizar la conversión de unidades de cualquier variable desde un sistema a otro, aplicando los conceptos de consistencia dimensional.
3) Interpretar la información suministrada en las tablas, nomogramas y gráficas sobre propiedades fisicoquímicas y parámetros necesarios para el manejo de ecuaciones.
4) Observar la correspondencia de las bases teóricas con la información representada en gráficas y tablas.
5) Conocer la importancia de las gráficas generalizadas en la resolución rápida de problemas y los rangos de aplicación de las mismas.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS A LOS ESTUDIANTES

Nº	¿Cómo utilizar las Tablas?
A-1	Presenta las constantes fundamentales de mayor aplicación en los cálculos de ingeniería relacionados con la materia. Muestra el nombre de la constante, su símbolo, ecuación, magnitud y las unidades respectivas. **Ejemplo 1.** La constante universal de los gases se simboliza con la letra R, su ecuación de cálculo es a partir de la ecuación de gas ideal: $R = P\hat{V} / T$, evaluada a la condición estándar de los gases (1 atm, 0 ºC y 22,4 l/mol). Se reportan 10 valores de R en los diferentes sistemas de unidades (cgs, SI, Inglés y combinación de dos o más sistemas), R = 8,3143 J/(mol.K); R = 82,053 atm.cm^6/(mol^2.K); entre otros.
A-2	Muestra aproximadamente 10 conversiones de unidades de diferentes variables o dimensiones, tales como: Longitud, Volumen, Masa, Densidad, Presión, Flujo volumétrico, Energía, Potencia, Viscosidad y Conductividad. Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades de la columna del lado izquierdo de la Tabla A-2 a su equivalente en una de las unidades de la primera fila de la tabla (parte superior), se multiplica el valor por el factor que se encuentra en el bloque común a ambas unidades. **Ejemplo 2. Una bombona de 10 litros contiene 20 moles de N_2(g), tiene una presión absoluta de 10 atm a una temperatura de 110 K. ¿Cuál es el valor de la presión en el sistema pls?**. **Solución:** Se utiliza la Tabla A-2 (página 7) Conversiones de Presión, ubicando en la primera columna del lado izquierdo la unidad **atmósfera** {atmospheres} y en la primera fila la unidad **lb(fuerza)/pulgada^2** {lb(force)/sq in = psia}. El factor de conversión es 14,696, el cual se multiplica por 10 atm. Entonces P= 10 atm x 14,696 psia/atm = 146,96 psia.
B-1	Reporta los Parámetros de Fuerza Intermolecular y las Constantes Críticas, además del Peso Molecular de varios elementos, gases nobles, sustancias poliatómicas sencillas, hidrocarburos y otros compuestos orgánicos. Estos valores son necesarios para estimar las propiedades de transporte de los gases y líquidos, y las variables de estado. **Ejemplo 3. Estime las variables reducidas del nitrógeno, referido en el ejemplo 2.** **Solución:** Se leen sus propiedades críticas en la Tabla B-1 (página 13), Tc = 126,2 K, Pc = 33,5 atm y Vc = 90,1 cm^3/mol, μ_c=180 x10^{-6} g/cm.s, Kc = 86,8 x10^{-6} cal/(cm.s.K). Por definición: Variable reducida = Variable/Variable crítica. Entonces: Tr = 0.87 Pr = 0.3 y Vr = 500 para el nitrógeno.

Nº	¿Cómo utilizar las Tablas?
B-2	Predice la integral de colisión Ω de las propiedades de transporte (viscosidad, conductividad calorífica y difusividad) de gases no polares a baja densidad, utilizada en la ecuación de Chapman-Enskog. La integral de colisión Ω es una función del parámetro KT/ε, primero se estima éste y se ubica su valor en la primera columna de la Tabla B-2 (página 14), leyendo el valor correspondiente de Ω en las dos columnas siguientes; sí no aparece se interpola el valor. **Ejemplo 4. Estime la integral de colisión del nitrógeno, referido en el ejemplo 2.** Se lee en la Tabla B-1 el parámetro de Lennard-Jones $\varepsilon/k = 91{,}5$ K y $T = 100$ K $(KT/\varepsilon)=(110\ K/91{,}5\ K)= 1{,}20 \rightarrow \Omega = f(1{,}20) \rightarrow \Omega_\mu = 1{,}452 \quad \Omega_K = 1{,}452$ $\Omega_{D,AB} = 1{,}320$
B-3	Presenta valores experimentales de la viscosidad de varios fluidos (sustancias en estado gaseoso ó líquido) a 1 atm de presión. Informa sobre el comportamiento de la viscosidad con las variaciones de temperatura. **Ejemplo 5.** A 20 ºC y 1 atm la viscosidad del N_2(g)es 0,0175 cp (centipoise), la del CH_4(g) es 0,0109 cp y la del agua(líq.) es 1,0019 cp. Los líquidos presentan mayor viscosidad que los gases, y aún más los metales líquidos. En la primera Tabla se observa que la viscosidad del agua(l) disminuye con el aumento de temperatura, mientras que la del aire aumenta.
C-1	Muestra valores experimentales de la conductividad calorífica de varios gases, líquidos y sólidos a 1 atm de presión. Informa sobre el comportamiento de la conductividad calorífica con las variaciones de temperatura. **Ejemplo 6.** En un rango de T de 100 a 300 K se observa que la conductividad del CH_4 aumenta con la temperatura desde 254 a 819×10^{-7} cal/(cm.s.K), meintras que en los líquidos y sólidos aumenta ligeramente: Para el agua(líq.) en un rango de 20 a 100 ºC aumenta desde 0.00143 a 0.00160 cal/(cm.s.K) y en los metales líquidos como el sodio, en un rango de 100 a 500 ºC, disminuye de 0.2055 a 0.1596 cal/(cm.s.K). Mientras que en los sólidos permite clasificarlos como aislantes o conductores del calor, por ejemplo: A 300 ºC el Aluminio (Al) tiene una conductividad mayor ($K = 0{,}64$ cal/cm.s.K) que el ladrillo rojo ($K = 0.0015$ cal/cm.s.K). Se puede establecer el orden de magnitud de la conductividad calorífica según el estado de agregación: $K(gases) < K(líq.) < K$ (metal líq.) $< K(sólidos)$.
C-2	Reporta valores experimentales de difusividad másica de varias mezclas binarias gaseosas, líquidas ó sólidas. El rango de aplicación es hasta presiones menores de 25 atm. **Ejemplo 7. Estime la difusividad del amoníaco que se difunde en aire a 273 K y 5 atm.** **Solución:** Se lee $D_{AB}P = 0.198$ cm².atm/s y se divide por la presión en atm. Entonces, $D_{AB} = 0.0396$ cm²/s para la mezcla binaria Amoniaco (A)/Aire(B)

Nº	¿Cómo utilizar las Tablas?
D-1	Propiedades físicas de diversas sustancias orgánicas e inorgánicas a 1 atm de presión. **Ejemplo 9. ¿Cuánto valen las propiedades físicas del ácido acético a 1 atm de presión?** **Solución:** En la página 30 se leen sus propiedades físicas, PM = 60,05 p.e.r = $1{,}049^{20º/4º}$ $T_{fusión}$ = 289,9 K $\Delta H_{fusión}$ = 12,09 kJ/gmol T_{ebn} = 390,4K ΔHv_n = 24,4 kJ/gmol Tc = 594,8 K Pc = 57,1 atm $\hat{V}_C$ = 171 cm3/gmol Zc = 0.2
E-1	Reporta las ecuaciones para determinar la capacidad calorífica de compuestos orgánicos e inorgánicos a bajas presiones. **Ejemplo 10. ¿Cuál es la capacidad calorífica de la Acetona a 600 ºC?** **Solución:** En la página 37 se observa que para determinar la capacidad calorífica se usa la forma 1: $Cp = a + bT + cT^2 + dT^3$ donde la temperatura se introduce en grados celcius y las constantes son: a = 71,96 b = $20*10^{-2}$ c = $-12{,}78*10^{-5}$ y d = $34{,}76*10^{-9}$ para ser aplicadas en el rango de temperatura de 0 a 1200 ºC. Entonces, se estima la capacidad calorífica: $Cp = 71{,}96 + 20*10^{-2}(600) - 12.78*10^{-5}(600)^2 + 34.76*10^{-9}(600)^3 = 153{,}4602\ J/(mol.^oC)$
E-2	Muestra valores de capacidades caloríficas a presión y volumen constante de varios gases. **Ejemplo 11.** En la página 39 se observa que el Hidrógeno tiene Cp= 6,871) cal/grado) y un Cv de 4,884 (cal/ grado) y la diferencia Cp - Cv = 1,987 (cal/grado) por mol de sustancia. Esta diferencia indica que el H_2 se comporta como un gas ideal a 1 atm. Generalmente, los gases ideales cumplen la relación Cp - Cv = R, siendo R = 1,987 cal/mol.K.
F-1	Presenta los valores de las constantes de Antoine para determinar la presión de vapor. **Ejemplo 12.** ¿Cuál será la presión de vapor del Acetato de Etilo a -45 ºC? **Solución:** En la página 40 se leen las constantes de Antoine: A = 7,0565 B = 1070,60; C=236.01 con una rango de aplicación de Tmín = -63 ºC y T máx = 47 ºC, por lo tanto: $\log Pv(mmHg) = A - \frac{B}{T(^oC) + C} = 7.0565 - \frac{1070.60}{-45 + 236.01} = 1{,}4516 \Rightarrow Pv = 28{,}2879$ mmHg
F-2	Muestra la temperatura y presión en el punto triple de varias sustancias puras. **Ejemplo 13.** En la página 42 se observa que para el Dióxido de Sulfuro la temperatura y la presión en su punto triple son 197,69 K y $1{,}6482x10^{-2}$ atm, respectivamente.

Nº	¿Cómo utilizar las Tablas?
F-3	Presenta las propiedades críticas y los parámetros característicos de la fase vapor no ideal (factor acéntrico, momento dipolar y constante de disociación). **Ejemplo 14.** En la página 43 se muestra que la etilamina tiene una temperatura critica de 456,4 K, 55,5 atm de presión critica, un volumen critico de 181,6 cc /gmol, un factor acéntrico de 0.303, un momento dipolar de 1,22 Debye y la constante de disociación de 0.62.
G-1	Reporta las constantes a y b de las ecuaciones de estado: Van der Waals y Redlich-Kwong. **Ejemplo 15.** Para el Nitrógeno las constantes a y b de la ecuación de Van der Waals son: $a_{VW} = 1{,}347 * 10^6 \left[\text{atm} \left(\frac{\text{cm}^3}{gmol} \right)^2 \right]$ y $b_{VW} = 38{,}6 \left(\frac{\text{cm}^3}{gmol} \right)$; las constantes de la ecuación de Redlich-Kwong son: $a_{RK} = 15{,}34 * 10^6 \left[(\text{atm})(K^{1/2}) \left(\frac{\text{cm}^3}{gmol} \right)^2 \right]$ y $b_{RK} = 26{,}8 \left(\frac{\text{cm}^3}{gmol} \right)$.
G-2	Muestra los coeficientes viriales de algunos gases para varios valores de temperaturas. La ecuación virial de Kammerling-Ohnes se presenta en términos del producto Presión-Volumen y no con el Factor de Compresibilidad, así: $P\hat{V} = RT + \frac{BRT}{\hat{V}} + \frac{CRT}{\ddot{V}^2} + \frac{DRT}{\hat{V}^3} + \frac{ERT}{\hat{V}^4}$ (1). Si deseas transformar la ec. (1) en términos de Z divides toda la expresión entre A (=RT) y obtienes que: $Z = \frac{P\hat{V}}{RT} = 1 + \frac{B}{\hat{V}} + \frac{C}{\hat{V}^2} + \frac{D}{\hat{V}^3} + \frac{E}{\hat{V}^4}$ (2) (donde B = B/A, C=C/A, D=D/A y E=E/D). **Ejemplo 16.** El monóxido de carbono a una temperatura de 100 ºC tiene los siguientes coeficientes viriales: A=30,619 B=0.4036x10^{-2} C=4,874x10^{-5} D=-3,618x10^{-8} E=0.9235*10^{-12} para la ec. (1). Podemos obtener los coeficientes viriales para la ec. (2) dividiendo cada término entre A, así: A = 1 B = 1,316x10^{-4} C = 1,59x10^{-6} D = 1,182x10^{-9} E = 3,016x10^{-14}.
H	Muestra las características axiales y los ángulos de los 7 sistemas cristalinos. **Ejemplo 17.** Para un sistema tetragonal (2), las características axiales son: $a_1 = a_2 \neq c$ (dos lados de igual magnitud y el tercer lado diferente) y todos sus ángulos α, β, γ iguales a 90 º.

Nº	¿Cómo utilizar las Figuras?
1	Muestra un nomograma de viscosidad de gases a 1 atm de presión. Las coordenadas X y Y para ubicar el gas en la gráfica se leen en la tabla de la página 17. **Ejemplo 18.** ¿Cuál es el valor de la viscosidad del CO a 200 °C y 1 atm de presión? **Solución:** Se leen las coordenadas del CO: X = 11 Y = 20, se ubican en los ejes de la gráfica marcando un punto A, en la escala de temperatura (lado izquierdo) se ubica el valor de 200 ºC, marcando un segundo punto B. Se traza una línea recta que una los puntos B y A prolongado la línea hacia la derecha, de tal forma que corte la escala de viscosidad, marcando un tercer punto C que representa el valor de viscosidad, μ=0,025 cp = 25x10^{-5} poise.
2	Muestra un nomograma de viscosidad de líquidos a 1 atm de presión. Las coordenadas X, Y para ubicar el líquido en la gráfica se leen en la tabla de la página 19 (igual que la Fig.1) **Ejemplo 19.** ¿Cuál es el valor de la viscosidad del ácido acético,70% a 20 °C? **Solución:** Se leen las coordenadas, X = 9,5 Y = 17, se ubican en los ejes de la gráfica marcando un punto A, en la escala de temperatura (lado izquierdo) se ubica el valor de 20 ºC, marcando un segundo punto B. Se traza una línea recta que una los puntos B y A prolongado la línea hacia la derecha, de tal forma que corte la escala de viscosidad, marcando un tercer punto C que representa el valor de viscosidad, μ = 2,7 cp = 27x10^{-3} poise.
3	Representa la gráfica generalizada de la viscosidad. Se basa en el Teorema de Estados Correspondientes. Para estimar la viscosidad de gases no polares en términos de la viscosidad reducida sólo se necesitan las variables reducidas Pr y Tr y μ_c (ver Tabla B-1). **Ejemplo 20.** ¿Cuál es el valor de la viscosidad del CO a 200 °C y 15 atm de presión? **Solución:** Las variables críticas son: Tc = 133 K Pc = 34,5 atm y μ_c=190 x10^{-6} g/cm.s y las variables reducidas son: Tr = 3,6 Pr = 0.43. Se ubica Tr en la abscisa, seleccionando la línea de baja densidad para Pr, y se lee el valor de μ_r = 1,37, multiplicando este valor por la viscosidad crítica. Entonces, μ =1,37x(190 x10^{-6} g.cm/s) → μ = 260,3 x10^{-6} g/cm.s. En caso de isóbaras en el rango de 1 a 25, sí la Pr deseada no aparece se construye la línea.
4	Muestra una gráfica generalizada de viscosidad en función de la variable reducida $\mu^{\#}$, definida como $\mu^{\#}$= μ/μ^0 (donde μ^0 es la viscosidad a 1 atm y T del sistema, la cual se lee en el nomograma de la Fig. 1 ó se estima por la ecuación de Chapman-Enskog). La Fig. 4 se basa en el Teorema de Estados Correspondientes, y para calcular la viscosidad de gases no polares sólo se necesitan las variables Tr, Pr y μ^0. **Ejemplo 21.** ¿Cuál es el valor de la viscosidad del CO a 125 ºC y 100 atm de presión? **Solución:** Se lee μ^0 en la Fig. 1, estimada en el ejemplo 18, μ^0 = 25x10^{-5} poise. Con las variables reducidas Tr = 3 y Pr = 2,9 s, se lee $\mu^{\#}$ = 1,1. Entonces, μ = 27,5x10^{-5} poise.

Nº	¿Cómo utilizar las Figuras?
5	Muestra la gráfica generalizada de la conductividad calorífica reducida de los gases monoatómicos no polares. Sigue el mismo procedimiento que la Figura 3. **Ejemplo 22.** ¿Cuál es el valor de la conductividad del Ar a 200 °C y 15 atm de presión? **Solución:** Las variables críticas son: Tc = 151 K Pc = 48 atm y K_c=71x10^{-6} (cal/cm.s.K) y las variables reducidas son: Tr = 3,1 Pr = 0.31. Se ubica Tr en la abscisa, seleccionando la línea de baja densidad (Pr = 0) y se lee el valor de K_r =0.86, multiplicando este valor por la conductividad crítica. Entonces, K = 61,06 x10^{-6} (cal/cm.s.K).
6	Reporta una gráfica generalizada de la conductividad calorífica en función de la variable reducida $K^{\#}$, definida como $K^{\#}$= K/K^0 (donde K^0 es la conductividad a 1 atm y T del sistema, la cual se lee en la Tabla C-1, en la Fig. 71 ó se estima por la ecuación de Chapman-Enskog). Esta figura se basa en el Teorema de Estados Correspondientes, y se usa para gases poliatómicos. **Ejemplo 23.** ¿Cuál es el valor de la conductividad del CO_2 a 200 K y 100 atm de presión? **Solución:** Se lee K^0 en la Tabla C-1, K^0 = 398x10^{-7} (cal/cm.s.K), se estiman las variables reducidas: Tr = 0,986 ≈ 1 Pr = 1,37 y se lee $K^{\#}$=5. Entonces, K= 2x10^{-4} (cal/cm.s.K).
7	En esta figura se representan valores experimentales de la conductividad térmica de varios materiales a diversas temperaturas. Permite visualizar el orden de magnitud de la conductividad según el estado de agregación: K(gases) < K(líq.) < K(aislantes) < K(conductores).
8	En esta figurase se muestra el comportamiento de la viscosidad con la temperatura para algunos líquidos y gases. Permite visualizar el orden de magnitud de la viscosidad según el estado de agregación: μ(gases) < μ (líquidos).
9	Es una gráfica generalizada de densidad de líquidos, basada en el Teorema de Estados Correspondientes. Con la presión y temperatura reducida se lee la densidad reducida, multiplicándola por la densidad crítica se obtiene la densidad a una T y P dada. Las variables críticas de los líquidos se leen en la Tabla D-1. **Ejemplo 24.** ¿Cuál es el valor de la densidad del ácido acético,70% a 20 ºC y 15 atm? **Solución:** Con las variables reducidas Tr = 0.49 Pr = 0.26 se lee ρ_r = 3 y multiplicando por la ρ_c (ρ_c = PM/Vc = 0.35 g/cm^3) se obtiene la densidad del ácido, ρ = 1,05 g/cm^3.
10	Muestra un nomograma de tensión superficial de líquidos a 1 atm de presión. Las coordenadas X, Y para ubicar el líquido se leen en la tabla de la página 29 (igual que en la Fig.2) **Ejemplo 25.** ¿Cuál es la tensión superficial del ácido acético,70% a 20 °C? **Solución:** Con las coordenadas, X = 17,1 Y = 116,5 y T =20 °C se lee σ = 28 Dinas/cm.

Nº	¿Cómo utilizar las Figuras?
11.a	Es una gráfica generalizada del factor de compresibilidad de los gases, basada en el Teorema de Estados Correspondientes. Válida para Pr desde 0 a 1 y Tr desde 0.6 hasta 5. Con la presión y temperatura reducida se lee Z y con la ecuación generalizada (Z = PV/nRT) se estima alguna variable de estado o moles del gas. También se utiliza el volumen molar reducido ideal representado por las líneas discontinuas, $\hat{V}r_{ideal} = \hat{V} / \hat{V}c_{ideal}$ siendo $\hat{V}c_{ideal} = \frac{RTc}{Pc}$ las variables críticas se pueden leer en la Tabla B-1, D-1 ó F-3. **Ejemplo 26. Estime el factor de compresibilidad del nitrógeno, referido los ejemplos 2 y 3.** **Solución:** Con las variables reducidas Tr = 0.87 y Pr = 0.3 se lee Z= f(Tr,Pr) = 0.84. Utilizando el volumen reducido ideal:Vc_{ideal}=309,107 cm^3/mol, V=500 cm^3/mol, Vr_{ideal}= 1,62 no se puede leer Z= f(Tr, Vrideal) ni Z=f(Pr,Vrideal. Para las condiciones del problema sólo es válido un Vr_{ideal}= 2,4, en el cual Z = 0.84.
11.b	Es una gráfica generalizada del factor de compresibilidad de los gases. Válida para Pr desde 0 hasta 7, Tr desde 1 hasta 5 y Vr_{ideal} desde 0.2 hasta 5. El procedimiento de cálculo es igual que en la Figura 11.a, ejemplo 26.
11.c	Es una representación esquemática del comportamiento de la ecuación cúbica de estado en términos del factor de compresibilidad, dado por el polinonio $Z^3 + C_1Z^2 + C_2Z + C_3$. Se presentan los siguientes casos: **Caso I**. Tres raíces reales positivas y diferentes: $Z_1=Z_f$ $Z_3= Z_g$; **Caso II**. Tres raíces reales positivas e iguales: $Z_1=Z_2=Z_3=Zc$; y **Caso III**. Una raíz positiva y 2 imaginarias: Z= Zg. En el **Caso I** la sustancia se encuentra en la **región de dos fases** como líquido ó vapor saturado; en el **Caso II** se encuentra exactamente en el punto crítico, donde Pr y Tr valen 1; y en el **Caso III** la sustancia se encuentra como vapor sobrecalentado o gas.
12	Muestra el comportamiento del segundo y tercer coeficiente virial de la ecuación virial de Kammerling-Ohnnes en función de la temperatura. Los valores de esta gráfica se pueden usar en la ecuación de estado para determinar alguna de las variables de estado ó pueden leerse en la Tabla G-2.
13	Representa las catorce redes espaciales, obtenidas a partir de los siete sistemas cristalinos, dados en la Tabla H. En esta figura se muestra la ubicación de las partículas (átomos, iones o moléculas que constituyen a los sólidos cristalinos) en los vértices, lados o centro de la red espacial, sus características axiales y sus ángulos.

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1: Nomograma de viscosidad de gases a 1 atm 16
Coordenadas X,Y para utilizar figura 1 17
Figura 2: Nomograma de viscosidad de líquidos a 1 atm 18
Coordenadas X,Y para utilizar figura 2 19
Figura 3: Viscosidad reducida en función de la temperatura reducida 20
Figura 4: Viscosidad numeral en función de la presión reducida 21
Figura 5: Conductividad reducida para gases monoatómicos 22
Figura 6: Conductividad numeral para gases poliatómicos 23
Figura 7: Conductividad térmica de materiales a diferentes temperaturas 24
Figura 8: Viscosidad de gases y líquidos a diferentes temperaturas 24
Figura 9: Correlación generalizada para la densidad de líquidos 29
Figura 10: Nomograma de tensión superficial a 1 atm 30
Coordenadas X,Y para utilizar figura 10 31
Figura 11: Gráficas generalizadas de compresibilidad 47
Figura 12: Segundo coeficiente virial en función de Temperatura 50
Figura 13: Las catorce celdas de Bravais de los sistemas cristalinos 52
Figura14: Diagrama de entalpía-concentración del Hidróxido de sodio 58
Figura 15: Diagrama de entalpía-concentración del Ácido sulfúrico 59
Figura 16: Diagrama de entalpía-concentración del Amoníaco 60

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bird, Stewart y Lightfoot. Fenómenos de Transporte. Reverté, España (1978).

Castellan, G. Fisicoquímica. Fondo Educativo Interamericano, México (1976).

Çengel, Y. y M. Boles. Termodinámica. Séptima edición, McGraw-Hill, Colombia, 1996.

Felder, R. Principios elementales de los Procesos Químicos. 3ª Edición, Limusa Wiley, S.A., México (2011).

Himmelblau D. Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química. Sexta edición, Prentice Hall, México (1997).

Moore, W. Fisicoquímica Básica. Prentice Hall, México (1970).

Maron, S. y C. Prutton. Fundamentos de Fisicoquímica. Limusa, México (1984).

Perry, R. y C. Chilton. Manual del Ingeniero Químico. McGraw-Hill, España (2001).

Smith, J. y H. Van Ness. Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química. 5ª Edición, McGraw-Hill, México (1998).

Van Wylen, G. Fundamentos de Termodinámica. Limusa, México (1988).

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla A-1: Constantes fundamentales 1
Tabla A-2: Conversiones de:
Longitud 3
Volumen 4
Masa 5
Densidad 6
Presión 7
Flujo volumétrico 8
Energía 9
Potencia 10
Viscosidad absoluta 11
Viscosidad cinemática 11
Coeficiente convectivo de calor 12
Conductividad térmica 12

Tabla B-1: Parámetros de fuerza intermolecular y constantes críticas 13
Tabla B-2: Funciones para la predicción de las propiedades de transporte de gases a baja densidad 14
Tabla B-3: Viscosidad de algunos gases y líquidos 15
Tabla C-1: Conductividad de algunos gases, líquidos y sólidos 25
Tabla C-2: Difusividad de gases, líquidos y sólidos 26
Tabla C-3: Tensión superficial e interfacial de líquidos 29
Tabla D-1: Propiedades físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas 32
Tabla E-1: Ecuaciones de Capacidad calorífica 39
Tabla E-2: Capacidades caloríficas molares de gases y sus diferencias 41
Tabla F-1: Constantes para la ecuación de Antoine 42
Tabla F-2: Temperaturas y presiones del punto triple 44
Tabla F-3: Parámetros de compuestos puros (Tc,Pc,Vc,ω, μ, η) 45
Tabla G-1: Constantes para las ecuaciones de Van der Waals, Redlich-Kwong, Beattie-Bridgeman y Benedict-Webb-Rubin 49
Tabla G-2: Coeficientes viriales de algunos gases 50
Tabla H: Sistemas cristalinos 51
Tabla I-1: Calores de formación y calores de combustión 53
Tabla I-2: Capacidades caloríficas medias a 57

Tabla A-1 Constantes Fundamentales

Constantes básicas

Nombre	Símbolo	Valor	Unidades
Velocidad de la luz (vacío)	c	$2{,}997925x10^{10}$	cm/s
Constante de Avogadro	N_A	$6{,}02252x10^{23}$	$moléculas/gmol$
Constante de Planck	h	$6{,}6256x10^{-27}$	$ergios.s/molécula$
Constante de Faraday	F	96487	$coulomb/equivalente$
Temperatura absoluta punto de congelación			
0°C	$T_{°C}$	273,15	$\deg K$
32°F	$T_{°F}$	491,67	$\deg °R$
Producto presión-volumen para 1 mol de gas, a 0°C y presión cero (gas ideal)	$(pV)^{p=0}_{T_{0°C}}$	2271,06	$joule/gmol$
		22,4136	$l.atm/gmol$

Constantes derivadas

Nombre	Símbolo	Valor	Unidades
Carga eléctrica	$e = \frac{F}{N_A}$	$1{,}60210x10^{-19}$	$coulomb$
Contante universal de gases	$R = \frac{(pV)^{p=0}_{T_{0°C}}}{T_{0°C}}$	8,3143	$joule/gmol.deg\ K$
		1,9872	$gcal/gmol.\deg K$
		1,9859	$Btu/lbmol.\deg °R$
		82,053	$cm^3.atm/gmol.\deg K$
		1545,2	$ft.lbf/lbmol.\deg °R$
		10,731	$psia.ft^3/lbmol.\deg °R$
		62,366	$mmHg.l/gmol.\deg K$
		0,084778	$\frac{\frac{kgf}{cm^2}.l}{gmol.\deg K}$
		0,73020	$atm.ft^3/lbmol.\deg °R$
		554,95	$\frac{mmHg.ft^3}{lbmol.\deg °R}$
Constante de Boltzmann	$k = \frac{R}{N}$	$1{,}38054x10^{-16}$	$ergios/molécula.K$
Segunda constante de radiación	$C_2 = \frac{hc}{k}$	1,43879	cm. deg °C

Tabla A-1 Constantes Fundamentales (continuación)

Constantes definidas

Nombre	Símbolo	Valor	Unidades
Gravedad estándar	g_o	980,665	cm/s^2
		32,174	ft/s^2
Atmosfera estándar	atm	1013250	dyn/cm^2
		14,696	$psia$
Presión estándar en milímetros de Mercurio	$mmHg$	$\frac{1}{760}$	atm
Caloría (termoquímica)	cal	4,1840	$joule$
		$4{,}1840x10^7$	$ergio$
Caloría (Tablas de vapor internacionales)	$cal_{IT}; I.T.cal$	4,1868	$joul$
Litro	l	1000,028	cm^3

Factores de conversión – Unidades de Ingeniería vs. Unidades métricas

Nombre	Valor	Unidades
1 in.	2,54 cm	$Definición: in. = inch = \ pulgada$
1 ft	30,48 cm	$Definición: pie\ (1\ pie = 12\ pulgas)$
1 lbm	453,59237g	$Definición: lb = sistema\ de\ peso\ americano\ libras$
1 gal	231 in^3	$Definición: gal = galón$
	0,133680555ft^3	
	3785,43449 cm^3	
	3,785329 l	
1 I.T. cal	$\frac{1}{860}$ $int\ watt.hr$	$Definición: I.T. = Tablas\ internacionales\ de\ vapor$
	4,18674 $joules$	
	4,18605 $int\ joules$	
	1,000654 cal	$Definición: cal = caloría\ termoquímica$
1 BTU/lb	$\frac{1}{1{,}8}\frac{I.T.cal}{g}$	$Definición: Btu = I.T.Unidad\ térmica\ británica$
1 BTU	251,996 $I.T.cal$	
	1055,040 $joules$	
	1054,866 $int\ joules$	
	0,293018 $int\ watt.hr$	
	252,161 cal	
1 hp	550 $ft.lbf/s$	
	745,701 $watts$	
	745,578 $int\ watts$	
1 erg	1 $dina.cm$	

Constantes matemáticas

$\pi = 3{,}14159 \qquad e = 2{,}71828 \qquad log_e 10 = ln 10 = 2{,}30258509$

Tabla A-2 Conversiones de longitud

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	Inches	Feet	Yards	Miles	Microns	Millimeters	Centimeters	Meters	Kilometers
Inches	1	0,083333	0,027778	$1{,}5783 \times 10^{-5}$	25400	25,400	2,54	0,0254	$2{,}54 \times 10^{-5}$
Feet	12	1	0,33333	$1{,}8939 \times 10^{-4}$	$3{,}048 \times 10^{5}$	304,80	30,480	0,30480	$3{,}048 \times 10^{-4}$
Yards	36	3	1	$5{,}6818 \times 10^{-4}$	$9{,}144 \times 10^{5}$	914,40	91,440	0,91440	$9{,}144 \times 10^{-4}$
Miles	63360	5280	1760	1	$1{,}6093 \times 10^{9}$	$1{,}6093 \times 10^{6}$	$1{,}6093 \times 10^{5}$	$1{,}6093 \times 10^{3}$	1,6093
Microns	$3{,}937 \times 10^{-5}$	$3{,}2808 \times 10^{-6}$	$1{,}0936 \times 10^{-6}$	$6{,}2137 \times 10^{-10}$	1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-9}
Milimeters	$3{,}937 \times 10^{-2}$	$3{,}2808 \times 10^{-3}$	$1{,}0936 \times 10^{-3}$	$6{,}2137 \times 10^{-7}$	10^{3}	1	0,1	0,001	10^{-6}
Centimeters	0,39370	0,032808	0,010936	$6{,}2137 \times 10^{-6}$	10^{4}	1	1	0,01	10^{-5}
Meters	39,370	3,2808	1,0936	$6{,}2137 \times 10^{-4}$	10^{6}	10^{3}	100	1	0,001
Kilometers	$3{,}937 \times 10^{4}$	$3{,}2808 \times 10^{3}$	$1{,}0936 \times 10^{3}$	0,62137	10^{9}	10^{6}	10^{5}	10^{3}	1

Tabla A-2 Conversiones de volumen de líquido

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	*Fluid Ounces*	*Quarts*	*Gallons (U.S.)*	*Imperial Gallons*	*Barrels (Oil)*	*Cubic Inches*	*Cubic Feet*	*Milliliters*	*Liters*	*Cubic Centimeters*
Fluid Ounces	1	0,03125	7,8125 x10^{-3}	6,5053 x10^{-3}	1,8601 x10^{-4}	1,8047	1,0444 x10^{-3}	29,573	0,029573	29,574
Quarts	32	1	0,25	0,20817	5,9524 x10^{-3}	57,75	0,033420	946,33	0,94633	946,35
Gallons (U.S.)	128	4	1	0,83270	0,023809	231	0,13368	3785,3	3,7853	3785,4
Imperial Gallons	153,72	4,8038	1,2009	1	0,028594	277,42	0,16054	4546,0	4,5460	4546,1
Barrels (Oil)	5,376	168	42	34,973	1	9,702	5,6146	1,5898 x10^{5}	158,98	1,5898 x10^{5}
Cubic Inches	0,55411	0,017316	4,3290 x10^{-3}	3,6047 x10^{-3}	1,0307 x10^{-4}	1	5,7870 x10^{-4}	16,387	0,016387	16,387
Cubic Feet	957,51	29,922	7,4805	6,2289	0,17811	1728	1	28316	28,316	28317
Milliliters	0,033815	1,0567 x10^{-3}	2,6418 x10^{-4}	2,1998 x10^{-4}	6,2900 x10^{-6}	0,061025	3,5316 x10^{-5}	1	0,001	1,000028
Liters	33,815	1,0567	0,26418	0,21998	6,2900 x10^{-3}	61,025	0,035316	10^{3}	1	1000,028
Cubic Centimeters	0,033814	1,0567 x10^{-3}	2,6417 x10^{-4}	2,1997 x10^{-4}	6,2898 x10^{-6}	0,061023	3,5314 x10^{-5}	0,999972	9,99972 x10^{-4}	1

$1\ Cubic\ meters = 10^{6}\ Cubic\ centimeters$

Tabla A-2 Conversiones de masa

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	**Grains**	**Ounces (Avoir)***	**Pounds (Avoir)***	**Ounces (Troy)**†	**Pounds (Troy)**†	**Tons (Short)**‡	**Tons (Long)**§	**Grams**	**Kilograms**	**Metric Tons**
Grains	1	2,2857 x10^{-3}	1,4286 x10^{-4}	2,0833 x10^{-3}	1,7361 x10^{-4}	7,1428 x10^{-8}	6,3776 x10^{-8}	0,064799	6,4799 x10^{-5}	6,4799 x10^{-8}
Ounces (Avoir)*	437,5	1	0,0625	0,91146	0,075955	3,125 x10^{-5}	2,7902 x10^{-5}	28,350	0,028350	2,8350 x10^{-5}
Pounds (Avoir)*	7000	16	1	14,583	1,2153	5x10^{-4}	4,4643 x10^{-4}	453,59	0,45359	4,5359 x10^{-4}
Ounces (Troy)†	480	1,0971	0,068571	1	0,083333	3,4285 x10^{-5}	3,0612 x10^{-5}	31,103	0,031103	3,1103 x10^{-5}
Pounds (Troy)†	5760	13,166	0,82286	12	1	4,1143 x10^{-4}	3,6735 x10^{-4}	373,24	0,37324	3,7324 x10^{-4}
Tons (Short)‡	1,4000 x10^{7}	32000	2000	29167	2430,6	1	0,89286	9,0718 x10^{5}	9,0718 x10^{2}	0,90718
Tons (Long)§	1,5680 x10^{7}	35840	2240	32667	2722,2	1,1200	1	1,0160 x10^{6}	1,0160 x10^{3}	1,0160
Grams	15,432	0,035274	2,2046 x10^{-3}	0,032151	2,6792 x10^{-3}	1,1023 x10^{-6}	9,84216 x10^{-7}	1	10^{-3}	10^{-6}
Kilograms	1,5432 x10^{4}	35,274	2,2046	32,151	2,6792	1,1023 x10^{-3}	9,84216 x10^{-4}	10^{3}	1	10^{-3}
Metric Tons	1,5432 x10^{7}	3,5274 x10^{4}	2,2046 x10^{3}	3,2151 x10^{3}	2,6792 x10^{3}	1,1023	0,98421	10^{6}	10^{3}	1

$*$ *Usado para productos ordinarios*

† *Usado para drogas, joyas y metales preciosos*

‡ *Común en los Estados Unidos y Canadá*

§ *Común en Inglaterra*

Tabla A-2 Conversiones de densidad

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{g}{ml}$	$\frac{lb}{in.^3}$	$\frac{lb}{ft^3}$	$\frac{lb}{gal}$
$\frac{g}{cm^3}$	1	1,000028	0,036128	62,428	8,3455
$\frac{g}{ml}$	0,99997	1	0,036128	62,427	8,3452
$\frac{lb}{in.^3}$	27,680	27,681	1	1728	231
$\frac{lb}{ft^3}$	0,016018	0,016019	$5{,}7870 \times 10^{-4}$	1	0,13368
$\frac{lb}{gal}$	0,11983	0,11983	$4{,}3290 \times 10^{-3}$	7,4805	1

Tabla A-2 Conversiones de presión

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	$\frac{dynes}{cm^2}$	*Bars*	*Atmospheres*	$\frac{Kgf}{cm^2}$	$mmHg$ * a 0°C	*In. Hg a* 32 °F	$\frac{lbf}{in^2}$	$Ft\ H_2O$ a 39,2 °F
$\frac{dines}{cm^2}$	1	10^{-6}	0,98692 x10^{-6}	1,0197 x10^{-6}	7,5006 x10^{-4}	2,9530 x10^{-5}	1,4504 x10^{-5}	3,3457 x10^{-5}
Bars	10^6	1	0,98692	1,0197	750,06	29,530	14,504	33,457
Atmospheres	1,0132 x10^6	1,0132	1	1,0332	760	29,921	14,696	33,900
$\frac{Kgf}{cm^2}$	980665	0,98067	0,96784	1	735,56	28,959	14,223	32,809
$mmHg$ * a 0°C	1333,2	1333,2 x10^{-3}	1,31579 x10^{-3}	1,3595 x10^{-3}	1	0,03937	0,019337	0,044605
In. Hg a 32 °F	33864	0,033864	0,033421	0,03453	25400	1	0,49116	1,1330
$\frac{lbf}{in^2}$	68,947	0,068947	0,068046	0,070307	51,715	2,0360	1	2,3066
$Ft\ H_2O$ a 39,2 °F	29889	0,029889	0,029499	0,030479	22,419	0,88265	0,43352	1

$* 1\ Torr = 1\ mm\ Hg.$

$1\ atm = 101{,}325\ Kpa = 1{,}01325x10^5\ Pa$

$Pa = \frac{Newton}{m^2} = Pascal$

Tabla A-2 Conversiones de flujo volumétrico

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	$\frac{gal\,(U.S.)}{min}$	$\frac{gal\,(U.S.)}{hr}$	$\frac{ft^3}{s}$	$\frac{ft^3}{min}$	$\frac{bbl\,(42)}{hr}$	$\frac{bbl\,(42)}{day}$	$\frac{liters}{s}$	$\frac{m^3}{hr}$
$\frac{gal\,(U.S.)}{min}$	1	60,000	2,2280 x10^{-3}	0,13368	1,4286	34,286	0,063088	0,22713
$\frac{gal\,(U.S.)}{hr}$	0,016667	1	3,7134 x10^{-5}	2,2280 x10^{-3}	0,023810	0,57143	1,0515 x10^{-3}	3,7854 x10^{-3}
$\frac{ft^3}{s}$	448,83	2,6930 x10^{4}	1	60,000	641,2	1,5388 x10^{4}	28,316	101,94
$\frac{ft^3}{min}$	7,4805	448,83	0,016667	1	10,686	256,47	0,47193	1,6990
$\frac{bbl\,(42)}{hr}$	0,70000	42,000	1,5596 x10^{-3}	0,093576	1	24,000	0,044162	0,15898
$\frac{bbl\,(42)}{day}$	0,029167	1,7500	6,4984 x10^{-5}	3,8990 x10^{-3}	0,041667	1	1,8401 x10^{-3}	6,6245 x10^{-3}
$\frac{liters}{s}$	15,851	951,05	0,035316	2,1189	22,644	543,45	1	3,6001
$\frac{m^3}{hr}$	4,4028	264,17	0,0098096	0,58857	6,2898	150,95	0,27778	1

$Definición:\ bbl\,(42) = barril\ de\ petróleo = 42\ galones\ U.S.$

Tabla A-2 Conversiones de energía

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	*Absolute Joules*	*Inter-nacional Joules*	*Calories*	*I.T. Calories*	*British Thermal Units*	*Absolute Kilowatt-hours*	*Horsepower-hours*	*Ft-Lbf*	$\frac{ft^3.lbf}{in.^2}$	*Liter Atmospheres*	*Centigrade Heat Units*
Absolute Joules	1	0,99984	0,23901	0,23885	9,4783 x10^{-4}	2,7778 x10^{-7}	3,7251 x10^{-7}	0,73756	5,1220 x10^{-3}	9,8690 x10^{-3}	5,2657 x10^{-4}
Inter-nacional Joules	1,0002	1	0,23905	0,23889	9,4799 x10^{-4}	2,77782 x10^{-7}	3,7257 x10^{-7}	0,73768	5,1228 x10^{-3}	9,8706 x10^{-3}	5,2666 x10^{-4}
Calorías	4,1840	4,1833	1	0,99935	3,9657 x10^{-3}	1,1622 x10^{-6}	1,5586 x10^{-6}	3,0860	2,1430 x10^{-2}	4,1292 x10^{-2}	2,2032 x10^{-3}
Calorías I.T.	4,1867	4,1861	1,0007	1	3,9683 x10^{-3}	1,1630 x10^{-6}	1,5596 x10^{-6}	3,0880	2,1444 x10^{-2}	4,1319 x10^{-2}	2,2046 x10^{-3}
British Thermal Units	1055,0	1054,9	252,16	252,00	1	2,9307 x10^{-4}	3,9301 x10^{-4}	778,16	5,4039	10,412	0,55556
Absolute Kilowatt-hours	3,6000 x10^{6}	3,5994 x10^{6}	8,6042 x10^{5}	8,5986 x10^{5}	3412,2	1	1,3410	2,6552 x10^{6}	18439	35528	1895,7
Horsepower-hours	2,6845 x10^{6}	2,6841 x10^{6}	6,4162 x10^{5}	6,4120 x10^{5}	2544,5	0,74570	1	1,9800 x10^{6}	13750	26494	1413,6
Ft-Lbf	1,3558	1,3556	0,32405	0,32384	1,2851 x10^{-3}	3,7662 x10^{-7}	5,0505 x10^{-7}	1	6,9444 x10^{-3}	1,3381 x10^{-2}	7,1394 x10^{-4}
$\frac{ft^3.lbf}{in.^2}$	195,24	195,21	46,663	46,633	0,18505	5,4233 x10^{-5}	7,2727 x10^{-5}	144	1	1,9268	0,10281
Liter Atmospheres	101,33	101,31	24,218	24,202	0,096042	2,8147 x10^{-5}	3,7745 x10^{-5}	74,375	5,1900	1	5,3356 x10^{-3}
Centigrade Heat Units	1899,1	1898,8	453,89	453,59	1,8	5,2752 x10^{-4}	7,0741 x10^{-4}	1400,7	9,7269	18,742	1

Tabla A-2 Conversiones de potencia

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	$\frac{Btu}{min}$	$\frac{Btu}{hr}$	$\frac{Ft.lbf}{s}$	$\frac{Ft.lbf}{min}$	*Horsepower*	*Metric Horsepower*	*Watts (Absoluto)*	$\frac{cal}{s}$	$\frac{I.T.cal}{s}$
$\frac{Btu}{min}$	1	60,00	12,969	778,16	0,023580	0,023908	17,584	4,2027	4,1999
$\frac{Btu}{hr}$	0,016667	1	0,21615	12,969	3,9301 x10^{-4}	3,9846 x10^{-4}	0,29307	0,070045	0,069999
$\frac{Ft.lbf}{s}$	7,7105 x10^{-2}	4,6263	1	60	1,8182 x10^{-3}	1,8434 x10^{-3}	1,3558	0,32405	0,32384
$\frac{Ft.lbf}{min}$	1,2851 x10^{-3}	0,77105	0,016667	1	3,0303 x10^{-5}	3,0723 x10^{-5}	0,022597	5,4008 x10^{-3}	5,3973 x10^{-3}
Horsepower	42,408	2544,5	550,00	33000	1	1,0139	745,70	178,23	178,11
Metric Horsepower	41,828	2509,7	542,48	32549	0,98632	1	735,50	175,79	175,67
Watts (Absoluto)	0,056869	3,4122	0,73756	44,254	1,3410 x10^{-3}	1,3596 x10^{-3}	1	0,23901	0,23885
$\frac{cal}{s}$	0,23810	14,286	3,0880	185,28	5,6145 x10^{-3}	5,6924 x10^{-3}	4,1867	1,0007	1
$\frac{I.T.cal}{s}$	0,056869	3,4122	0,73756	44,254	1,3410 x10^{-3}	1,3596 x10^{-3}	0,035316	0,23901	0,23885

One boiler horsepower = 33471,9 Btu/hr

One standard comercial ton of refrigeration = 288000 Btu/day

Tabla A-2 Conversiones de viscosidad absoluta

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	$\frac{\mathbf{lb}}{\mathbf{ft.s}}$	$\frac{\mathbf{lb}}{\mathbf{ft.h}}$	$\frac{\mathbf{lbf.s}}{\mathbf{ft^2}}$	$\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{cm.s}}\mathbf{x10^2}$ (Centipoises)*	$\frac{\mathbf{kg}}{\mathbf{m.h}}$
$\frac{lb}{ft.s}$	1	3600	0,03108	1488	5357
$\frac{lb}{ft.h}$	$2{,}778\text{x}10^{-4}$	1	$8{,}634\text{x}10^{-4}$	0,4134	1,488
$\frac{lbf.s}{ft^2}$	32,17	$1{,}158\text{x}10^{5}$	1	47880	$1{,}174\text{x}10^{5}$
$\frac{g}{cm.s}x10^2$	$6{,}720\text{x}10^{-4}$	2,419	$2{,}089\text{x}10^{-5}$	1	3600
$\frac{kg}{m.h}$	$1{,}867\text{x}10^{-4}$	0,6720	$5{,}801\text{x}10^{-6}$	0,2778	1

Tabla A-2 Conversiones de viscosidad cinemática

Unidades	$\frac{ft^2}{hr}$	$\frac{ft^2}{s}$	$\frac{m^2}{hr}$	$\frac{cm^2}{s}$	$\frac{cm^2}{s}x10^2$
$\frac{ft^2}{hr}$	1	$2{,}778\text{x}10^{-4}$	$9{,}290\text{x}10^{-2}$	0,2581	25,81
$\frac{ft^2}{s}$	3600	1	$3{,}345\text{x}10^{2}$	929	$9{,}29\text{x}10^{4}$
$\frac{m^2}{hr}$	10,76	$2{,}990\text{x}10^{-3}$	1	2,778	277,8
$\frac{cm^2}{s}$	3,875	$1{,}076\text{x}10^{-3}$	0,3600	1	100
$\frac{cm^2}{s}x10^2$	$3{,}875\text{x}10^{-2}$	$1{,}076\text{x}10^{-5}$	$3{,}600\text{x}10^{-3}$	0,0100	1

Tabla A-2 Conversiones de coeficiente de transferencia de calor

Para convertir el valor numérico de una propiedad expresada en una de las unidades en la columna izquierda de la tabla por el valor numérico expresado en una de las unidades en la fila superior de la tabla, multiplique el valor anterior por el factor en el bloque común a ambas unidades

Unidades	$\frac{Btu}{ft^2.hr.°F}$	$\frac{I.T.cal}{cm^2.s.°C}$	$\frac{I.T.kg-cal}{m^2.hr.°C}$	$\frac{Watts}{cm^2.°C}$
$\frac{Btu}{ft^2.hr.°F}$	1	$1{,}356x10^{-4}$	4,882	$5{,}678x10^{-4}$
$\frac{I.T.cal}{cm^2.s.°C}$	7373	1	36000	4,187
$\frac{I.T.kg-cal}{m^2.hr.°C}$	0,2048	$2{,}778x10^{-5}$	1	$1{,}163x10^{-4}$
$\frac{Watts}{cm^2.°C}$	1761	0,2388	8599	1

Tabla A-2 Conversiones de conductividad térmica

Unidades	$\frac{Btu}{ft^2.hr.°F/in}$	$\frac{Btu}{ft^2.hr.°F/ft}$	$\frac{cal}{cm^2.s.°C/cm}$	$\frac{kg-cal}{m^2.hr.°C/m}$	$\frac{watts}{cm^2.°C/cm}$
$\frac{Btu}{ft^2.hr.°F/in}$	1	$2{,}778x10^{-4}$	$9{,}290x10^{-2}$	0,2581	25,81
$\frac{Btu}{ft^2.hr.°F/ft}$	3600	1	$3{,}345x10^{2}$	929	$9{,}29x10^{4}$
$\frac{cal}{cm^2.s.°C/cm}$	10,76	$2{,}990x10^{-3}$	1	2,778	277,8
$\frac{kg-cal}{m^2.hr.°C/m}$	3,875	$1{,}076x10^{-3}$	0,3600	1	100
$\frac{watts}{cm^2.°C/cm}$	$3{,}875x10^{-2}$	$1{,}076x10^{-5}$	$3{,}600x10^{-3}$	0,0100	1

Tabla B-1
PARÁMETROS DE FUERZA INTERMOLECULAR Y CONSTANTES CRÍTICAS

		Parámetros[a] de Lennard-Jones		Constantes críticas[b,c,d]				
Substancia	Peso Molecular M	σ (Å)	ϵ/K (K)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ $(cm^3.gmol^{-1})$	μ_c $(g.cm^{-1}sec^{-1})$ $x10^6$	k_c $(cal.cm^{-1}sec^{-1}K^{-1})$ $x10^6$
Elementos ligeros								
H_2	2,016	2,915	38,0	33,3	12,80	65,0	34,7	-------
He	4,003	2,576	10,2	5,26	2,26	57,8	25,4	------
Gases nobles								
Ne	20,183	2,789	35,7	44,5	26,9	41,7	156,0	79,2
Ar	39,944	3,418	124,0	151,0	48,0	75,2	264,0	71,0
Kr	83,80	3,498	225,0	209,4	54,3	92,2	396,0	49,4
Xe	131,3	4,055	229,0	289,8	58,0	118,8	490,0	40,2
Substancias poliatómicas sencillas								
Aire	28,97[e]	3,617	97,0	132,0	36,4	86,6	193,0	90,8
N_2	28,02	3,681	91,5	126,2	33,5	90,1	180,0	86,8
O_2	32,00	3,433	113,0	154,4	49,7	74,4	250,0	105,3
O_3	48,00	----	----	268,0	67,0	89,4	----	-----
CO	28,01	3,590	110,0	133,0	34,5	93,1	190,0	86,5
CO_2	44,01	3,996	190,0	304,2	72,9	94,0	343,0	122,0
NO	30,01	3,470	119,0	180,0	64,0	57,0	258,0	118,2
N_2O	44,02	3,879	220,0	309,7	71,7	96,3	332,0	131,0
SO_2	64,07	4,290	252,0	430,7	77,8	122,0	411,0	98,6
F_2	38,00	3,653	112,0	----	----	-----	-----	-----
Cl_2	70,91	4,115	357,0	417,0	76,1	124,0	420,0	97,0
Br_2	159,83	4,268	520,0	584,0	102,0	144,0	420,0	97,0
I_2	253,82	4,982	550,0	800,0	----	----	----	-----
Hidrocarburos								
CH_4	16,04	3,822	137,0	190,7	45,8	99,3	159,0	158,0
C_2H_2	26,04	4,221	185,0	309,5	61,6	113,0	237,0	-----
C_2H_4	28,05	4,232	205,0	282,4	50,0	124,0	215,0	-----
C_2H_6	30,07	4,418	230,0	305,4	48,2	148,0	210,0	203,0
C_3H_6	42,08	----	---	365,0	45,5	181,0	233,0	----
C_3H_8	44,09	5,061	254,0	370,0	42,0	200,0	228,0	----
$n-C_4H_{10}$	58,12	----	----	425,2	37,5	255,0	239,0	----
$i-C_4H_{10}$	58,12	5,341	313,0	408,1	36,0	263,0	239,0	----
$n-C_5H_{12}$	72,15	5,769	345,0	469,8	33,3	311,0	238,0	----
$n-C_6H_{14}$	86,17	5,909	413,0	507,9	29,9	368,0	248,0	----
$n-C_7H_{16}$	100,20	----	-----	540,2	27,0	426,0	254,0	----
$n-C_8H_{18}$	114,22	7,451	320,0	569,4	24,6	485,0	259,0	----
$n-C_9H_{20}$	128,25	----	----	595,0	22,5	543,0	265,0	----
Ciclohexano	84,16	6,093	324,0	553,0	40,0	308,0	284,0	----
C_6H_6	78,11	5,270	440,0	562,6	48,6	260,0	312,0	----
Otros compuestos orgánicos								
CH_3Cl	50,49	3,375	855,0	416,3	65,9	143,0	338,0	----
CH_2Cl_2	84,94	4,759	406,0	510,0	60,0	----	----	----
$CHCl_3$	119,39	5,430	327,0	536,6	54,0	240,0	410,0	----
CCl_4	153,84	5,881	327,0	556,4	45,0	276,0	413,0	----
C_2N_2	52,04	4,38	339,0	400,0	59,0	----	----	----
COS	60,08	4,13	335,0	378,0	61,0	----	----	----
CS_2	76,14	4,438	488,0	552,0	78,0	170,0	404,0	----

a *Los valores de σ y ϵ/K estántomados de J. O. Hirsehfelder. C. F. Curtiss y R. B. Bird. Molecular Theory of Gases and Liquids, Wiley, Nueva York , pp* $1-1112$, *tambien de Addenda y Corrigenda, p.* 11. *Los anteriores valores están calculados a partir de datos de viscosidad y son aplicables para temperaturas superiores a* 100 K. *Los valores de K_c están tomados de E. A. Mason, J. Chem. Phys.*, 32, $1832-1836$ (1960)

b *Los valores de $T_c, P_c, \bar{v}_c$ están tomados de K. A. Kobe y R. E. Lynn. Jr. Chem. Rev.*, 52, $117-236$ (1952), *y Amer Petroleum Inst. Research Prop.* 44, *editado por F. D. Rossini, Carnegie Ins. of Technology* (1952), *salvo las excepciones que se indican*

c *Los valores de μ_c están tomados de O. A. Hougen y K. M. Watson, Chemical Process Principles, volumen II, Wiley, Nueva York* (1947), *p.* 873

d *Los valores de k_c están tomados de E. J. Owens y G. Thodos, A. I. Ch. E. Journal*, 3, $454-461$ (1957)

e *Para el aire, el peso molecular M y las propiedades pseudocríticas $T_c, P_c, \bar{v}_c$ se han calculado a partir de la composicion media del aire seco, tal como figuran en las International Critical tables, vol.* 1, *p.* 393 (1926)

Tabla B-2
FUNCIONES PARA LA PREDICCIÓN DE PROPIEDADES DE TRANSPORTE DE GASES A BAJA DENSIDAD[a]

KT/ϵ O KT/ϵ_{AB}	$\Omega_{\mu} = \Omega_{k}$ (Para viscosidad y conductividad calorífica)	$\Omega_{\mathcal{D},AB}$ (Para difusividad)	KT/ϵ O KT/ϵ_{AB}	$\Omega_{\mu} = \Omega_{k}$ (Para viscosidad y conductividad calorífica)	$\Omega_{\mathcal{D},AB}$ (Para difusividad)
			2,50	1,093	0,9996
0,30	2,785	2,662	2,60	1,081	0,9878
0,35	2,628	2,476	2,70	1,069	0,9770
0,40	2,492	2,318	2,80	1,058	0,9672
0,45	2,368	2,184	2,90	1,048	0,9576
0,50	2,257	2,066	3,0	1,039	0,9490
0,55	2,156	1,966	3,10	1,030	0,9406
0,60	2,065	1,877	3,20	1,022	0,9328
0,65	1,982	1,798	3,30	1,014	0,9256
0,70	1,908	1,729	3,40	1,007	0,9186
0,75	1,841	1,667	3,50	0,9999	0,9120
0,80	1,780	1,612	3,60	0,9932	0,9058
0,85	1,725	1,562	3,70	0,9870	0,8998
0,90	1,675	1,517	3,80	0,9811	0,8942
0,95	1,629	1,476	3,90	0,9755	0,8888
1,0	1,587	1,439	4,0	0,9700	0,8836
1,05	1,549	1,406	4,10	0,9649	0,8788
1,10	1,514	1,375	4,20	0,9600	0,8740
1,15	1,482	1,346	4,30	0,9553	0,8694
1,20	1,452	1,320	4,40	0,9507	0,8652
1,25	1,424	1,296	4,50	0,9464	0,8610
1,30	1,399	1,273	4,60	0,9422	0,8568
1,35	1,375	1,253	4,70	0,9382	0,8530
1,40	1,353	1,233	4,80	0,9343	0,8492
1,45	1,333	1,215	4,90	0,9305	0,8456
1,50	1,314	1,198	5,0	0,9269	0,8422
1,55	1,296	1,182	6,0	0,8963	0,8124
1,60	1,279	1,167	7,0	0,8727	0,7896
1,65	1,264	1,153	8,0	0,8538	0,7712
1,70	1,248	1,140	9,0	0,8379	0,7556
1,75	1,234	1,128	10,0	0,8242	0,7424
1,80	1,221	1,116	20,0	0,7432	0,6640
1,85	1,209	1,105	30,0	0,7005	0,6232
1,90	1,197	1,094	40,0	0,6718	0,5960
1,95	1,186	1,084	50,0	0,6504	0,5756
2,0	1,175	1,075	60,0	0,6335	0,5596
2,10	1,156	1,057	70,0	0,6194	0,5464
2,20	1,138	1,041	80,0	0,6076	0,5352
2,30	1,122	1,026	90,0	0,5973	0,5256
2,40	1,107	1,012	100,0	0,5882	0,5170

a Tomados de J. O. Hirschfelder, R. B. Bird y E. L. Spotz, Chem. Revs., 44, 205 (1949).

Tabla B-3
VISCOSIDADES DEL AGUA Y EL AIRE A 1 ATM DE PRESIÓN

	$Agua\ (liq.)^a$		$Aire^b$	
Temperatura T(°C)	*Viscosidad* μ(cp)	*Viscosidad cinemática* $\upsilon\ x10^2(cm^2.s^{-1})$	*Viscosidad* μ(cp)	*Viscosidad cinemática* $\upsilon\ x10^2(cm^2.s^{-1})$
0	1,787	1,787	0,01716	13,27
20	1,0019	1,0037	0,01813	15,05
40	0,6530	0,6581	0,01908	16,92
60	0,4665	0,4744	0,01999	18,86
80	0,3548	0,3651	0,02087	20,88
100	0,2821	0,2944	0,02173	22,98

a Calculada a partir de los resultados de R. C. Hardy y R. D. Cottington, J. Research Nat. Bur. Standards. 42, 573 − 578 (1949), *y J. F. Swindells, J. R. Coe. Jd, y T. B. Godbrey, J. Research Nat. Bur. Standards*, 48 1 − 31 (1952)
b Calculada a partir de Tables of Thermal Properties of Gases, *Nat. Bur. Standards Circ.* 464 (1955), *capítulo* 2

VISCOSIDADES DE ALGUNOS GASES Y LÍQUIDOS A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA[a]

Substancia	*Temperatura* T(°C)	*Viscosidad* μ(cp)	*Substancia*	*Temperatura* T(°C)	*Viscosidad* μ(cp)
Gases			Líquidos		
$i-C_4H_{10}$	23	0,0076	$(C_2H_5)_2O$	20	0,245
CH_4	20	0,0109[b]	C_6H_6	20	0,647
H_2O	100	0,0127	Br_2	26	0,946
CO_2	20	0,0146[b]	C_2H_5OH	20	1,194
N_2	20	0,0175[b]	Hg	20	1,547
O_2	20	0,0203[b]	H_2SO_4	25	19,15
Hg	380	0,0654	Glicerina	20	1069

a Valores tomados de B. A. Lange, Handbook of Chemistry, McGraw − Hill, Nueva York (1956), *novena edición, pp.* 1658 − 1664
b H. L. Johnston y K. E. McKloskey, J. Phys. Chem., 44, 1038 (1940)

VISCOSIDADES DE ALGUNOS METALES Y LÍQUIDOS[a]

Metal	*Temperatura* T(°C)	*Viscosidad* μ(cp)
Li	183,4	0,5918
	216,0	0,5406
	285,5	0,4548
Na	103,7	0,686
	250	0,381
	700	0,182
K	69,6	0,515
	250	0,258
	700	0,136

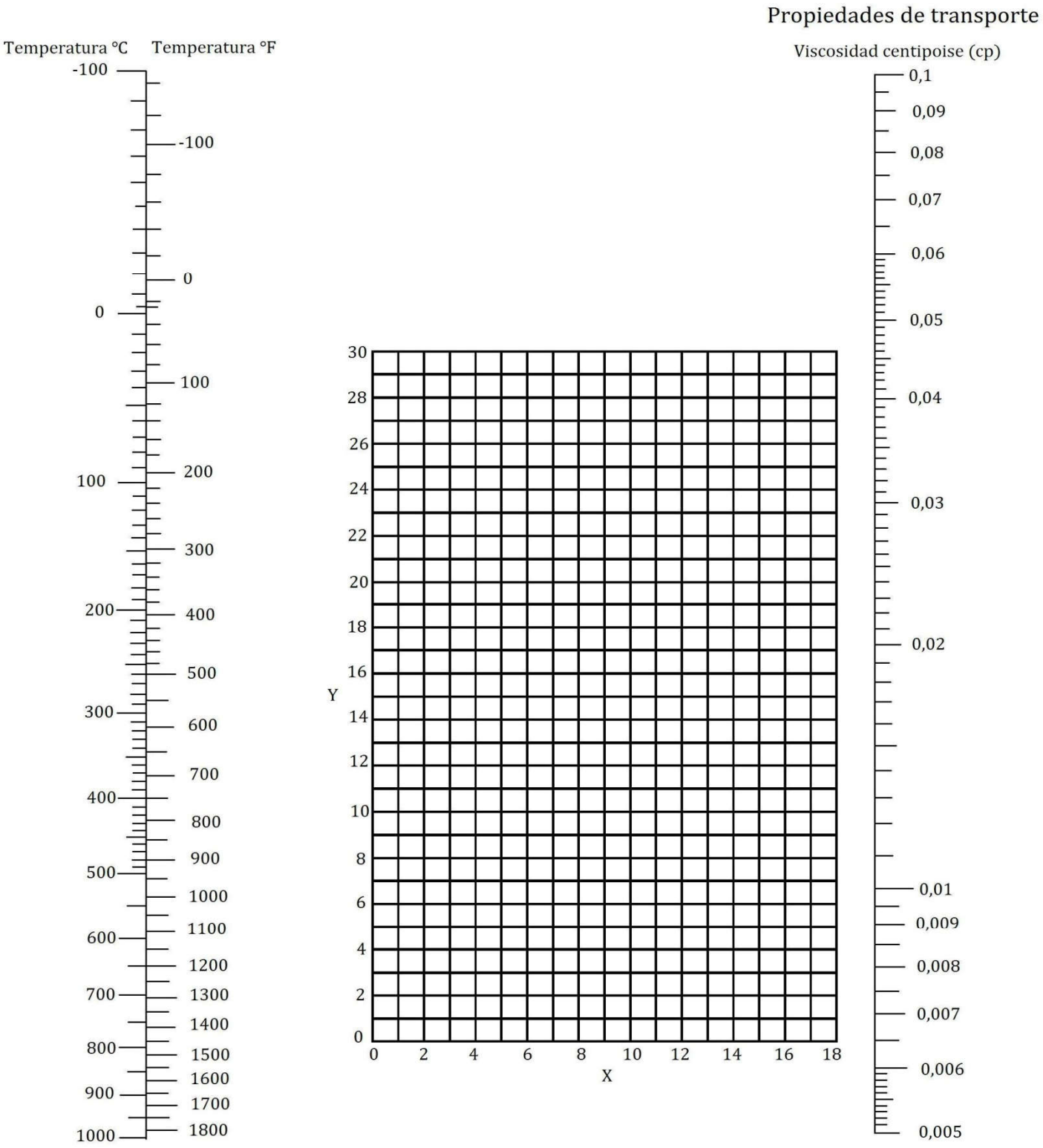


Fig.1 Viscosidad de gases a 1 atm. Pueden verse las coordenadas en la pagina siguiente

COORDENADAS PARA LA FIGURA 1.

Gas	X	Y
Ácido acético	7,0	14,6
Acetileno	9,3	15,5
Acetona	8,4	13,2
Agua	8,0	16,0
Aire	10,4	20,4
Amileno (β)	8,6	12,2
Amoníaco	8,4	16,0
Argón	9,7	22,6
Arsina	8,6	20,0
Dióxido de azufre	8,4	18,2
Benceno	8,7	13,2
Bromo	8,8	19,4
n-Butano	8,6	13,2
iso-Butano	8,6	13,2
Butileno (α)	8,4	13,5
Butileno (β)	8,7	13,1
Butileno (iso)	8,3	13,9
Acetato de butilo (iso)	5,7	16,3
Formiato de butilo (iso)	6,6	16,0
Cadmio	7,8	22,5
Dióxido de carbono	8,9	19,1
Disulfuro de carbono	8,5	15,8
Monóxido de carbono	10,5	20,0
Oxisulfuro de carbono	8,2	17,9
Tetracloruro de carbono	8,0	15,3
Cianógeno	8,2	16,2
Ciclohexano	9,0	12,2
Ciclopropano	8,3	14,7
Cinc	8,0	22,0
Cloro	8,8	18,3
Cloroformo	8,8	15,7
Criptón	9,4	24,0
Deuterio	11,0	16,2
Éter dietílico	8,8	12,7
Éter difenílico	8,6	10,4
Difenilmetano	8,0	10,3
Éter dimetílico	9,0	15,0
Etano	9,0	14,5
Etanol	8,2	14,5
Etileno	9,5	15,2
Acetato de etilo	9,4	13,4
Cloruro de etilo	8,5	15,6
Propionato de etilo	12,0	12,4
Flúor	7,3	23,8
Fosgeno	8,8	17,0
Freón 11	8,6	16,2
Freón 12	9,0	17,4
Freón 14	9,5	20,4
Freón 21	9,0	16,7
Freón 22	9,0	17,7
Freón 113	11,0	14,0

Gas	X	Y
Freón 114	9,4	16,4
Helio	11,3	20,8
n-Heptano	8,6	10,6
n-Hexano	8,4	12,0
Hidrógeno	11,3	12,4
Bromuro de hidrógeno	8,4	21,6
Cianuro de hidrógeno	7,1	14,5
Cloruro de hidrógeno	8,5	19,2
Sulfuro de hidrógeno	8,4	18,0
Yoduro de hidrógeno	8,5	21,5
Mercurio	7,4	24,9
Bromuro mercúrico	8,5	19,0
Cloruro mercúrico	7,7	18,7
Yoduro mercúrico	8,4	18,0
Mesitileno	9,5	10,2
Metano	9,5	15,8
Metanol	8,3	15,6
Metilacetileno	8,9	14,3
3-metil-1buteno	8,0	13,3
3-metileno-1-buteno	8,0	13,3
Cloruro de metileno	8,5	15,8
Acetato de metilo	8,4	14,0
Bromuro de metilo	8,1	18,7
Cloruro de metilo	8,5	16,5
Isobutirato de metilo	6,6	15,8
Formiato de metilo	5,1	18,0
Neón	11,1	25,8
Óxido nítrico	10,4	20,8
Nitrógeno	10,6	20,0
Óxido nitroso	9,0	19,0
n-Nonano	9,2	8,9
n-Octano	8,8	9,8
Oxígeno	10,2	21,6
n-Pentano	8,5	12,3
iso-Pentano	8,9	12,1
Piridina	8,6	13,3
Propano	8,9	13,5
n-Propanol	8,4	13,5
iso-Propanol	8,4	13,6
Propileno	8,5	14,4
Acetato de propilo	8,0	14,3
Silano	9,0	16,8
Tiazol	10,0	14,4
Tiofeno	8,3	14,2
Tolueno	8,6	12,5
2,3,3-Trimetilbutano	10,0	10,4
Trimetiletano	8,0	13,0
Xenón	9,3	23,0
Yodo	8,7	18,7

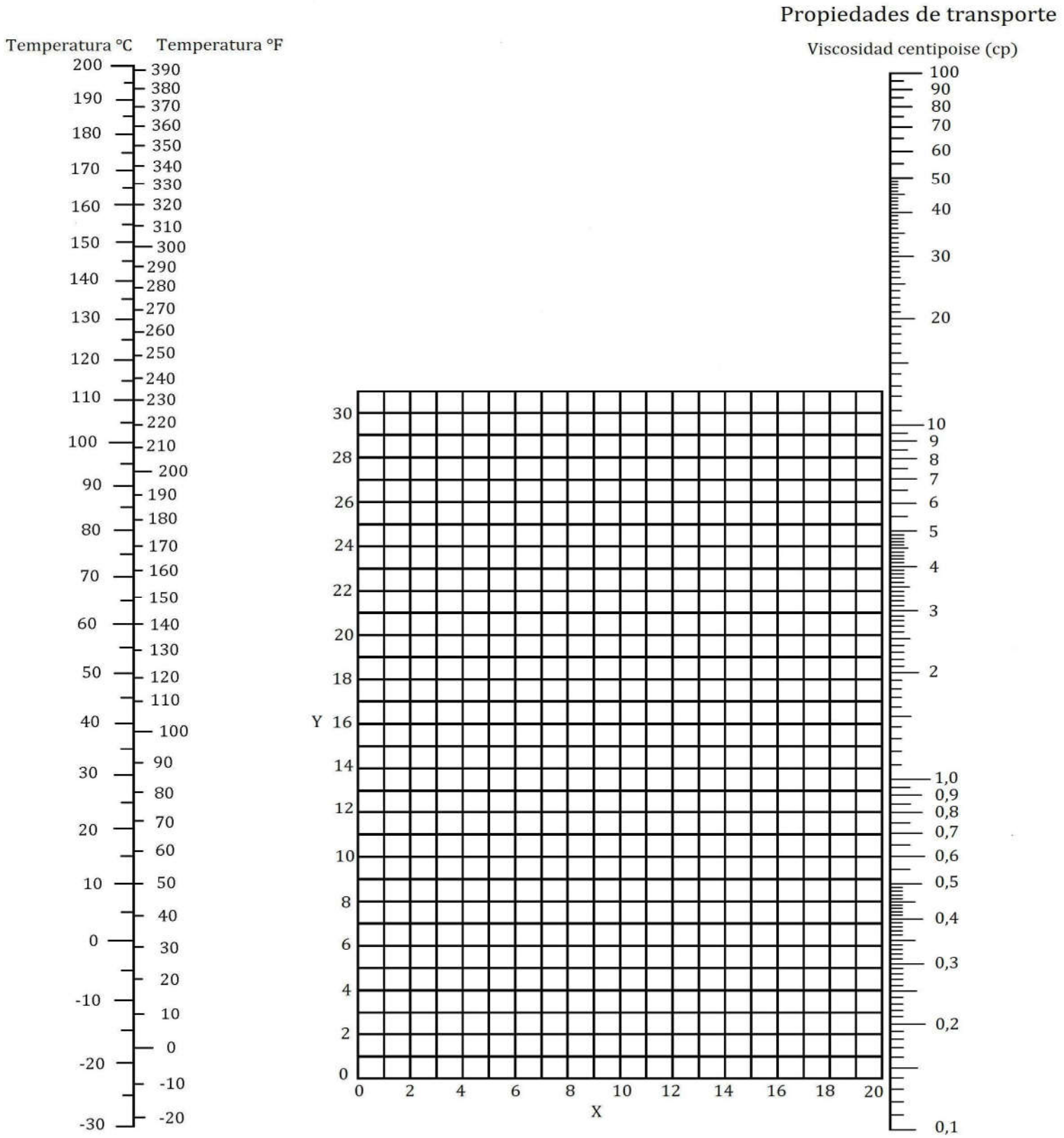


Fig. 2 Viscosidades de líquidos a 1 atm. Coordenadas en la página siguiente

COORDENADAS PARA LA FIGURA 2.

Líquido	X	Y
Aceite de linaza, crudo	7,5	27,2
Acetaldehído	15,2	4,8
Ácido acético al 100%	12,1	14,2
Ácido acético al 70%	9,5	17,0
Anhídrido acético	12,7	12,8
Acetona al 100%	14,5	7,2
Acetona al 35%	7,9	15,0
Acetonitrilo	14,4	7,4
Ácido acrílico	12,3	13,9
Agua	10,2	12,0
Alcohol alílico	10,2	14,3
Bromuro de alilo	14,4	9,6
Yoduro de alilo	14,0	11,7
Alcohol amílico	7,5	18,4
Acetato de amilo	11,8	12,5
Amoníaco al 100%	12,6	2,0
Amoníaco al 26%	10,1	13,9
Anilina	8,1	18,7
Anisol	12,3	13,5
Tricloruro de arsénico	13,9	14,5
Dióxido de azufre	15,2	7,1
Benceno	12,5	10,9
Bromo	14,2	13,2
Bromotolueno	20,0	15,9
Acetato de butilo	12,3	11,0
Acrilato de butilo	11,5	12,6
Alcohol butílico	8,6	17,2
Ácido burílico	12,1	15,3
Dióxido de carbono	11,6	0,3
Disulfuro de carbono	16,1	7,5
Tetracloruro de carbono	12,7	13,1
Ciclohexano	9,8	12,9
Ciclohexanol	2,9	24,3
Ácido clorhídrico al 31,5%	13,0	16,6
Clorobenceno	12,3	12,4
Cloroformo	14,4	10,2
Ácido clorosulfónico	11,2	18,1
Clorotolueno (orto)	13,0	13,3
Clorotolueno (meta)	13,3	12,5
Clorotolueno (para)	13,3	12,5
Cresol (meta)	2,5	20,8
Dibromometano	12,7	15,8
Dicloroetano	13,2	12,2
Diclorometano	14,6	8,9
Dietilcetona	13,5	9,2

Líquido	X	Y
Acrilato de 2-etil butilo	11,2	14,0
Acrilato de 2-etil hexilo	9,0	15,0
Éter etil propílico	14,0	7,0
Bromuro de etileno	11,9	15,7
Cloruro de etileno	12,7	12,2
Alcohol etílico al 100%	10,5	13,8
Alcohol etílico al 95%	9,8	14,3
Alcohol etílico al 40%	6,5	16,6
Éter etílico	14,5	5,3
Cloruro de etilideno	14,1	8,7
Acetato de etilo	13,7	9,1
Acrilato de etilo	12,7	10,4
Bromuro de etilo	14,5	8,1
Cloruro de etilo	14,8	6,0
Formiato de etilo	14,2	8,4
Propionato de etilo	13,2	9,9
Yoduro de etilo	14,7	10,3
Fenol	6,9	20,8
Ácido fórmico	10,7	15,8
Tribromuro de fósforo	13,8	16,7
Tricloruro de fósforo	16,2	10,9
Freón 11	14,4	9,0
Freón 12	16,8	15,6
Freón 21	15,7	7,5
Freón 22	17,2	4,7
Freón 113	12,5	11,4
Glicerol al 100%	2,0	30,0
Heptano	14,1	8,4
Hexano	14,7	7,0
Alcohol isobutírico	7,1	18,0
Ácido isobutírico	12,2	14,4
Alcohol isopropílico	8,2	16,0
Bromuro de isopropilo	14,1	9,2
Cloruro de isopropilo	13,9	7,1
Yoduro de isopropilo	13,7	11,2
Mercurio	18,4	16,4
Metanol al 100%	12,4	10,5
Metanol al 90%	12,3	11,8
Metanol al 40%	7,8	15,5
Metil etil cetona	13,9	8,6
Acetato de metilo	14,2	8,2
Acrilato de metilo	13,0	9,5
Butirato de metilo (iso)	12,3	9,7
Butirato de metilo (n)	13,2	10,3
Cloruro de metilo	15,0	3,8

Líquido	X	Y
Naftaleno	7,9	18,1
Ácido nítrico al 95%	12,8	13,8
Ácido nítrico al 60%	10,8	17,0
Nitrobenceno	10,6	16,2
Dióxido de nitrógeno	12,9	8,6
Nitrotolueno	11,0	17,0
Octano	13,7	10,0
Alcohol octílico	6,6	21,1
Pentacloroetano	10,9	17,3
Pentano	14,9	5,2
Alcohol propílico	9,1	16,5
Acetato de propilo	13,1	10,3
Bromuro de propilo	14,5	9,6
Cloruro de propilo	14,4	7,5
Formiato de propilo	13,1	9,7
Yoduro de propilo	14,1	11,6
Ácido propanoico	12,8	13,8
Queroseno	10,2	16,9
Salmuera, $CaCl_2$, al 25%	6,6	15,9
Salmuera, NaCl, al 25%	10,2	16,6
Sodio	16,4	13,9
Hidróxido de sodio al 25%	3,2	25,8
Succinodinitrilo	10,1	20,8
Ácido sulfúrico al 110%	7,2	27,4
Ácido sulfúrico al 100%	8,0	25,1
Ácido sulfúrico al 98%	7,0	24,8
Ácido sulfúrico al 60%	10,2	21,3
Cloruro de Sulfurilo	15,2	12,4
Tetracloro etano	11,9	15,7
Tiofeno	13,2	11,0
Tetracloruro de titanio	14,4	12,3
Tolueno	13,7	10,4
Trementina	11,5	14,9
Tricloroetileno	14,8	10,5
Trietilenglicol	4,7	24,8
Acetato de vinilo	14,0	8,8
Viniltolueno	13,4	12,0
Xileno (orto)	13,5	12,1
Xileno (meta)	13,9	10,6
Xileno (para)	13,9	10,9
Yodobenceno	12,8	15,9

Dietiloxalato	11,0	16,4		Formiato de metilo	14,2	7,5
Dietilenglicol	5,0	24,7		Sulfuro de metilo	13,5	9,0
Difenilo	12,0	18,3		Propionato de metilo	15,3	6,4
Éter propílico	13,2	8,6		Yoduro de metilo	14,3	9,3
Oxalato de dipropilo	10,3	17,7		Metil propil cetona	14,3	9,5

VISCOSIDAD Y MECANISMO DEL TRANSPORTE

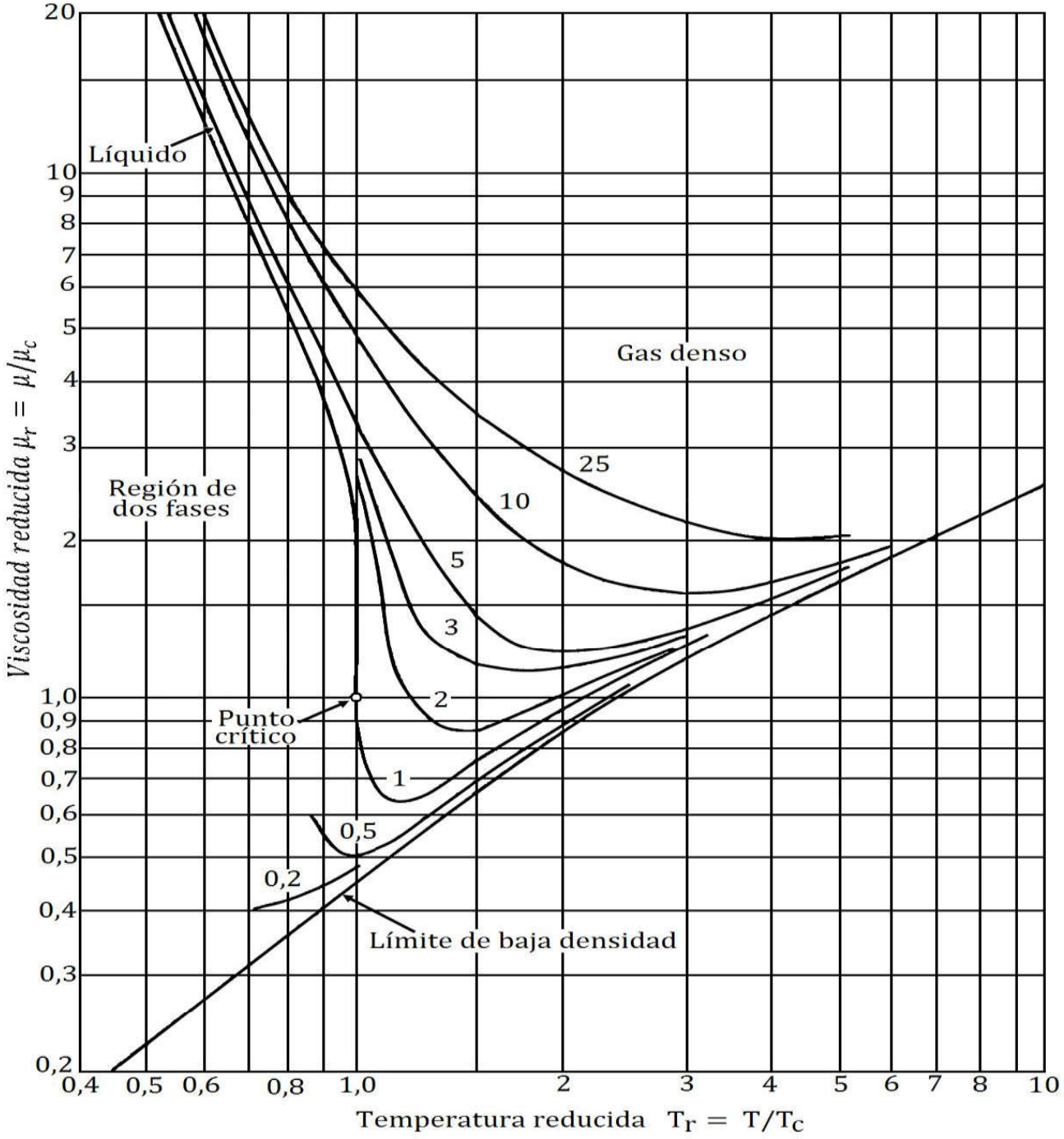


Fig. 3 Viscosidad reducida $\mu_r = \mu/\mu_c$ en función de la temperatura reducida, para distintos valores de la presión reducida. [O.A. Uyehara y K.M. Watson, Nat. Petroleum News, Tech. Section 36, 764 (Oct. 4, 1944); revisada por K. M. Watson (1960). Una versión a gran escala de este gráfico se inserta en O.A. Hougen, K.M. Watson y R.A. Ragatz,C.P.P Charts, Wiley, Nueva York (1960), Segunda edición)

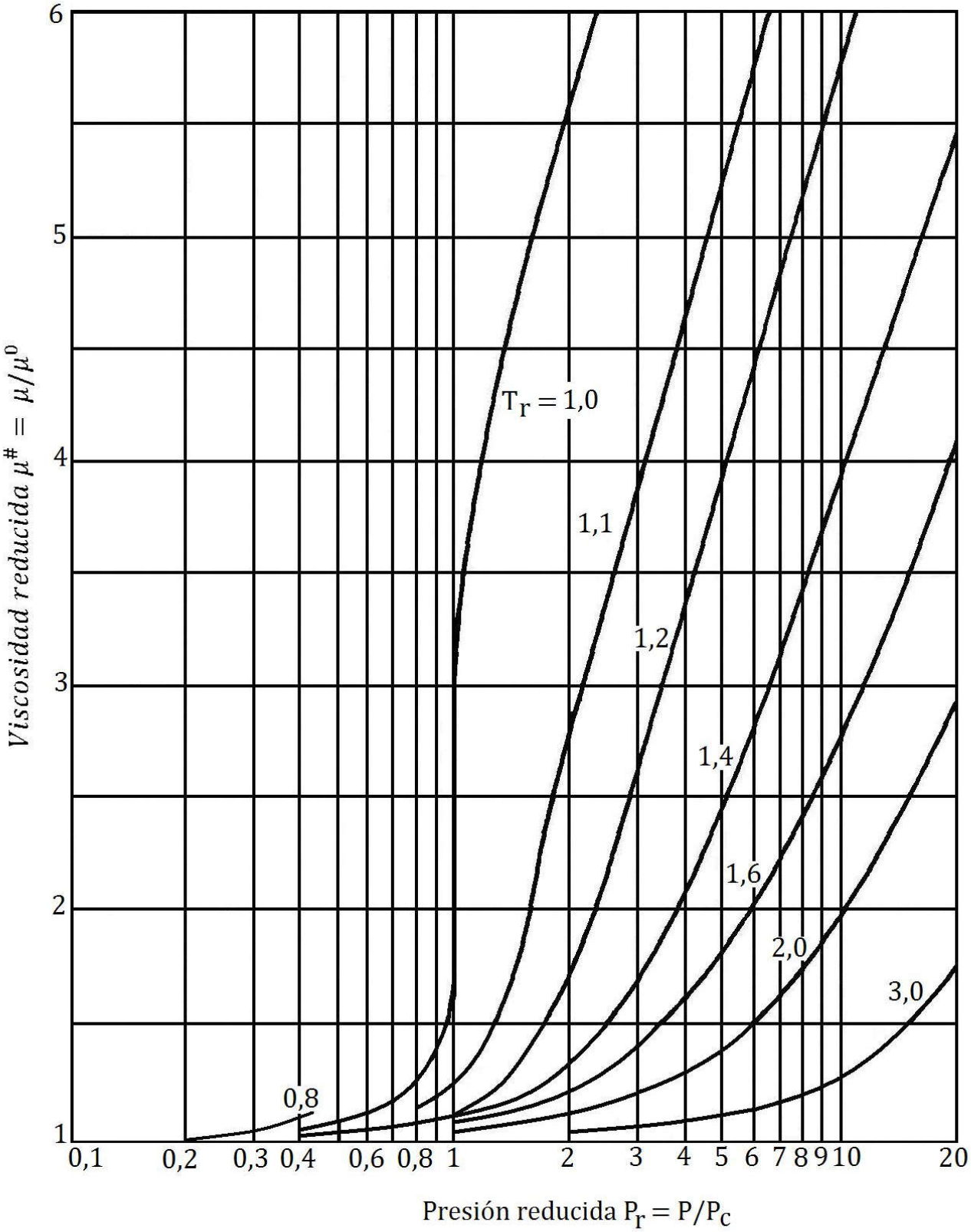


Fig. 4 Viscosidad reducida $\mu^{\#} = \mu/\mu^0$ en función de la presión y temperatura reducidas. [N.L. Carr, R. Kobayashi y D.B. Burroughs. Am. Inst. Min. & Met. Engrs., Petroleum Tech., 6, 47 (1954).]

CONDUCTIVIDAD CALORÍFICAY MECANISMO

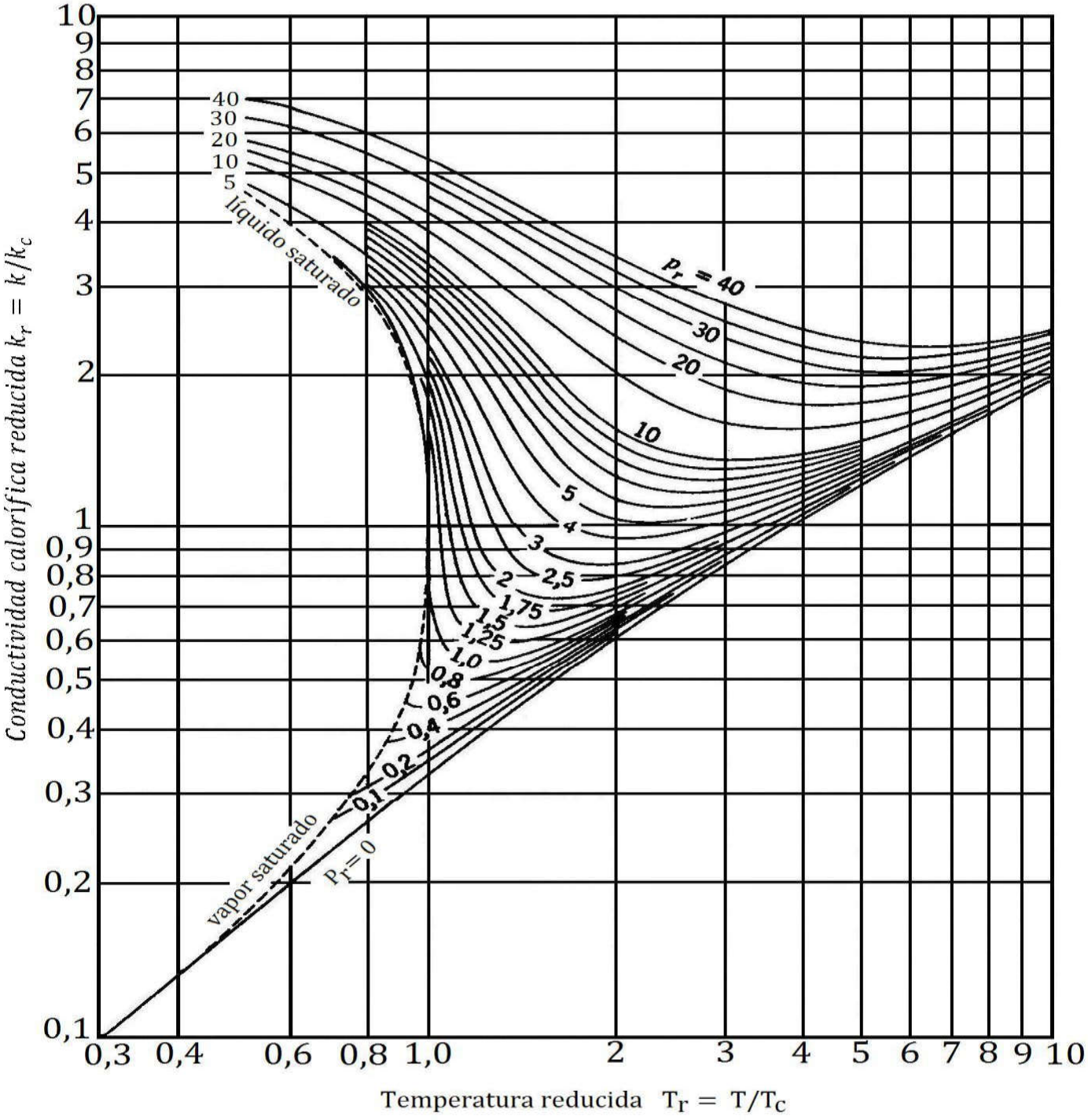


Fig. 5 Conductividad calorífica reducida de los gases monoatómicos, en función de la temperatura y presión reducidas.[E.H. Owens y G. Thodos, A.I. Ch.E.Journal, 3, 454-461 (1957). Una versión a gran escala de esta gráfica se inserta en O.A. Hougen, K.M.Watson y R.A. Ragatz, Chemical Process Principles Charts, Wiley, Nueva York (1960), segunda edición]

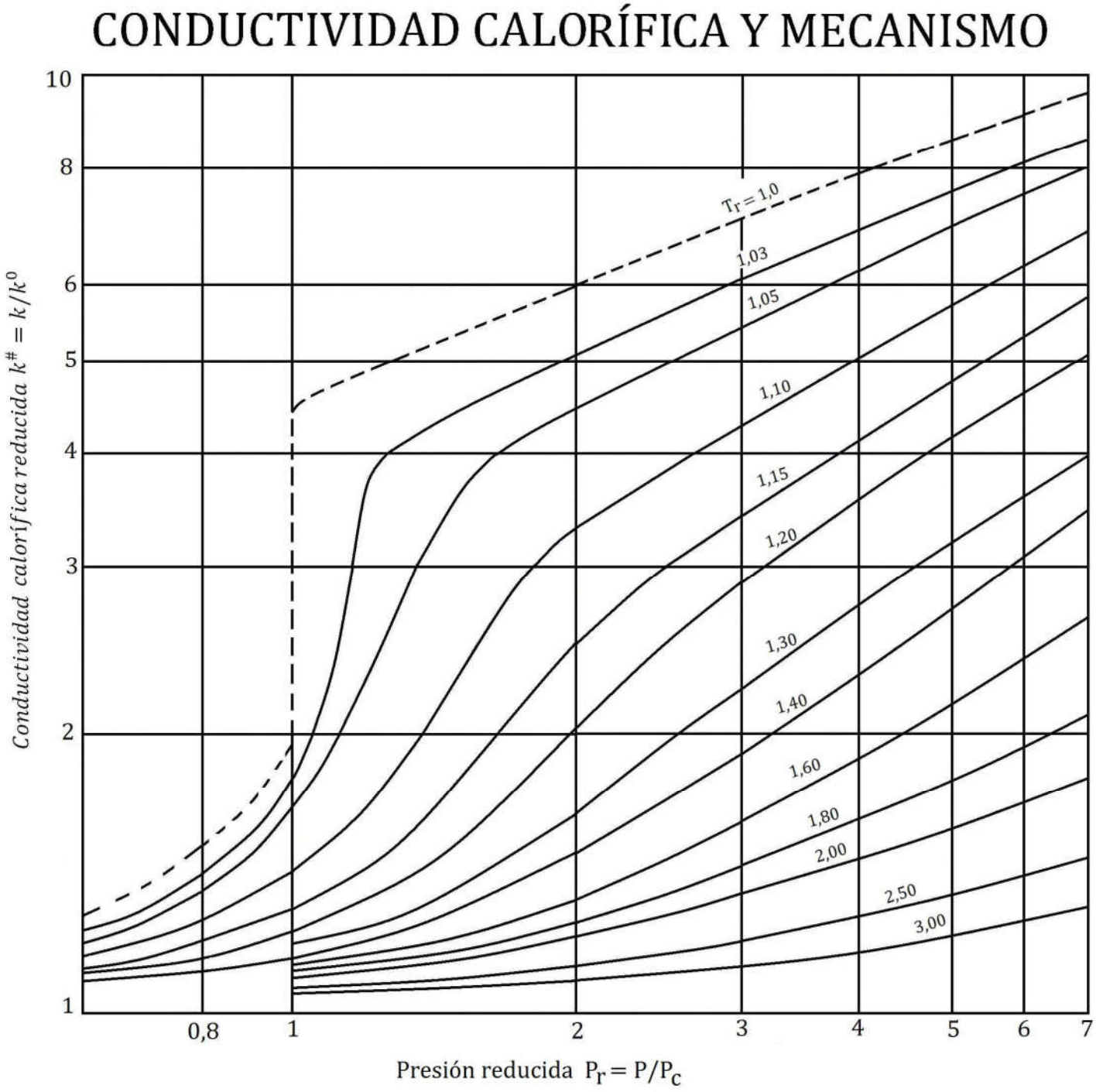


Figura 6. Conductividad calorífica reducida $k^{\#} = k/\,k^0$ en función de la temperatura reducida y la presión reducida [J.M.Lenoir, W.A. Junk, y E.W.Comings, Chem. Eng. Prog., 49, 539 (1953)]

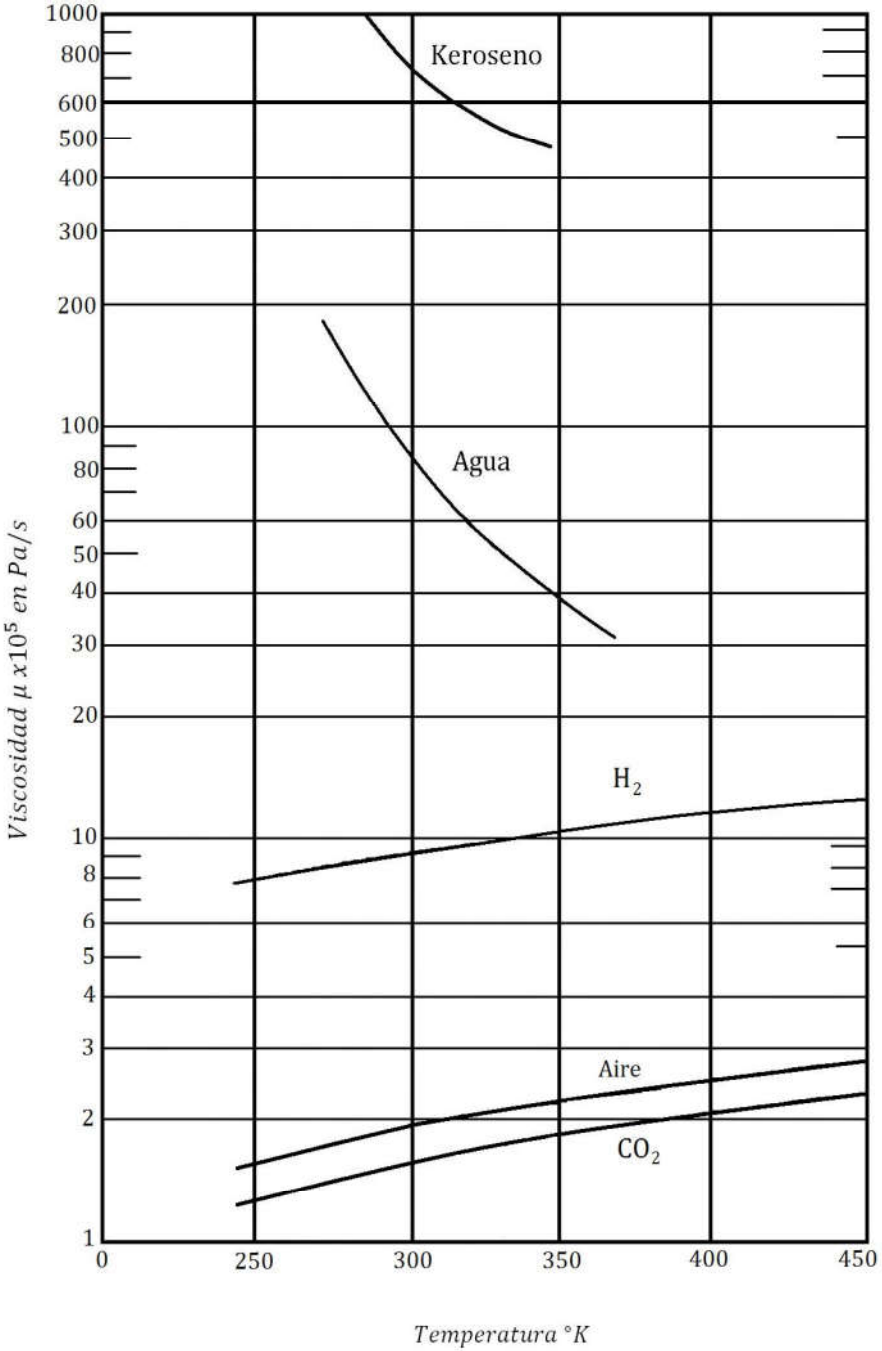


Fig. 8 Variación de la viscosidad con la temperatura para algunos líquidos y gases

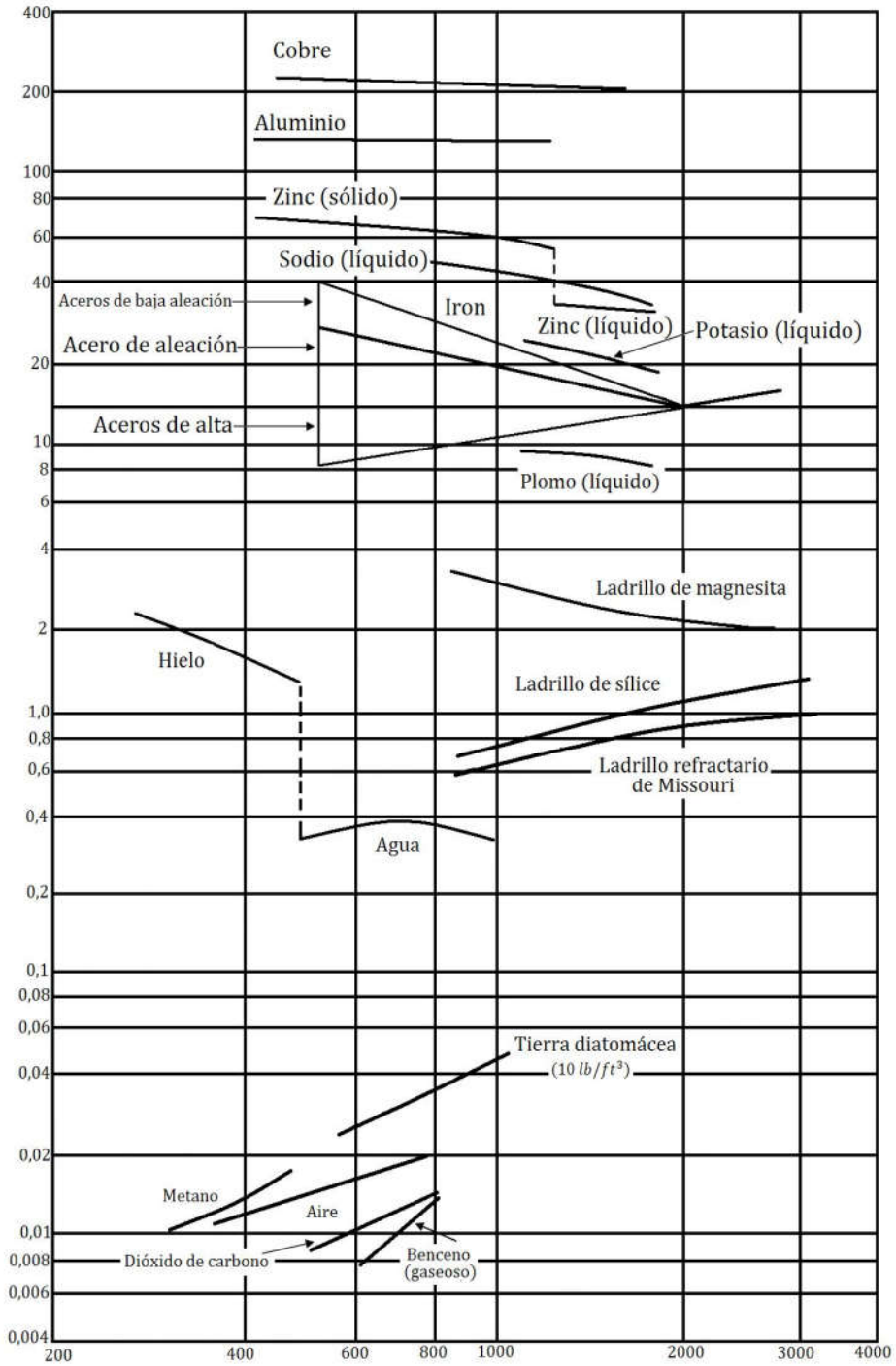


Fig. 7 Conductividad térmica de varios materiales a diversas temperaturas (De M. Jacob y G. A. Hawkins, Elements of Heat Transfer, Mc Graw Hill Book Company, New York, 1957, pág. 23. Con licencia de los editores

Tabla C-1

VALORES EXPERIMENTALES DE LA CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA DE ALGUNOS GASES COMUNES A LA PRESIÓN DE 1 ATM

$k\ x10^7\ cal.cm^{-1}.s^{-1}.K^{-1}$			
Gas	*100 K*	*200 K*	*300 K*
H_2	*1625*	*3064*	*4227*
O_2	*216*	*438*	*635*
CO_2	----	*227*	*398*
CH_4	*254*	*522*	*819*
NO	----	*425*	*619*

VALORES EXPERIMENTALES DE LA CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA DE ALGUNOS LÍQUIDOS A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Substancia	*Temperatura T (°C)*	*Conductividad calorífica k* $(cal.cm^{-1}.s^{-1}.K^{-1})$
Benceno	*22,5*	*0,000378*
	60	*0,000363*
Tetracloruro de Carbono	*20*	*0,000247*
Éter	*30*	*0,000328*
Alcohol etílico	*20*	*0,000400*
Glicerina	*20*	*0,000703*
Agua	*20*	*0,00143*
	60	*0,00156*
	100	*0,00160*

VALORES EXPERIMENTALES DE LA CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA DE ALGUNOS METALES LÍQUIDOS A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Metal	*Temperatura T (°C)*	*Conductividad calorífica k* $(cal.cm^{-1}.s^{-1}.K^{-1})$
Al	700	0,247
	790	0,290
Cd	335	0,106
	435	0,119
Pb	330	0,039
	500	0,037
	700	0,036
Hg	0	0,0196
	120	0,0261
	222	0,0303
K	200	0,1073
	400	0,0956
	600	0,0846
Na	100	0,2055
	300	0,1809
	500	0,1596
Aleación Na-K 56% en peso de Na 44% en peso de K	100	0,0617
	300	0,0648
	500	0,0675

VALORES EXPERIMENTALES DE LA CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA DE ALGUNOS SÓLIDOS

Substancia	*Temperatura T (°C)*	*Conductividad calorífica* k $(cal.cm^{-1}.s^{-1}.K^{-1})$
Aluminio	*100*	*0,492*
	300	*0,64*
	600	*1,01*
Cadmio	*0*	*0,220*
	100	*0,216*
Cobre	*18*	*0,918*
	100	*0,908*
Acero	*18*	*0,112*
	100	*0,107*
Estaño	*0*	*0,1528*
	100	*0,143*
Ladrillo (rojo corriente)	----	*0,0015*
Hormigón (bloque)	----	*0,0022*
Capa de tierra (media)	----	*0,004*
Vidrio	*200*	*0,0017*
Grafito	----	*0,012*
Arena (seca)	----	*0,00093*
Madera (pino)		
Paralela al eje	----	*0,00030*
Perpendicular al eje	----	*0,00009*

Tabla C-2 DIFUSIVIDADES BINARIAS DE MASA EN LOS GASES*

Sistema	T (K)	$\mathcal{D}_{AB}P\ (cm^2.atm/s)$	$\mathcal{D}_{AB}P\ (m^2.Pa/s)$
Aire			
Amoniaco	273	0,198	2,006
Anilina	298	0,0726	0,735
Benceno	298	0,0962	0,974
Bromo	293	0,091	0,923
Bióxido de carbono	273	0,136	1,378
Bisulfuro carbónico	273	0,0883	0,894
Cloro	273	0,124	1,256
Difenil	491	0,160	1,621
Acetato etílico	273	0,0709	0,718
Etanol	298	0,132	1,337
Éter etílico	293	0,0896	0,908
Yodo	298	0,0834	0,845
Metanol	298	0,162	1,641
Mercurio	614	0,473	4,791
Naftalina	298	0,0611	0,619
Nitrobenceno	298	0,0868	0,879
n-Octano	298	0,0602	0,610
Oxígeno	273	0,175	1,773
Acetato propílico	315	0,092	0,932
Bióxido sulfúrico	273	0,122	1,236
Tolueno	298	0,0844	0,855
Agua	298	0,260	2,634
Amoníaco			
Etileno	293	0,177	1,793

∗ *R. C. reid y T. K. Sherwood, The properties of Gases and Liquids, McGraw Hill Book Compaty, Nueva York*, 1958, *Cap.* 8.

Sistema	T (K)	$\mathcal{D}_{AB}P\ (cm^2.atm/s)$	$\mathcal{D}_{AB}P\ (m^2.Pa/s)$
Argón			
Neón	293	0,329	3,333
Dióxido de Carbono			
Benceno	318	0,0715	0,724
Bisulfuro carbónico	318	0,0715	0,0724
Acetato etílico	319	0,0666	0,0675
Etanol	273	0,0693	0,702
Éter etílico	273	0,0541	0,548
Hidrógeno	273	0,550	5,572
Metano	273	0,153	1,550
Metanol	298,6	0,105	1,064
Nitrógeno	298	0,158	1,601
Óxido nitroso	298	0,117	1,185
Propano	298	0,0863	0,874
Agua	298	0,164	1,661
Monóxido de Carbono			
Etileno	273	0,151	1,530
Hidrógeno	273	0,651	6,595
Nitrógeno	288	0,192	1,945
Oxígeno	273	0,185	1,874
Helio			
Argón	273	0,641	6,493
Benceno	298	0,384	3,890
Etanol	298	0,494	5,004
Hidrógeno	293	1,64	16,613
Neón	293	1,23	12,460
Agua	298	0,908	9,198
Hidrógeno			
Amoníaco	293	0,849	8,600
Argón	293	0,770	7,800
Benceno	273	0,317	3,211
Etanol	273	0,439	4,447
Metano	273	0,625	6,331
Oxígeno	273	0,697	7,061
Agua	293	0,850	8,611
Nitrógeno			
Amoníaco	293	0,241	2,441
Etileno	298	0,163	1,651
Hidrógeno	288	0,743	7,527
Yodo	273	0,070	0,709
Oxígeno	273	0,181	1,834
Oxígeno			
Amoniaco	293	0,253	2,563
Benceno	296	0,0939	0,951
Etileno	293	0,182	1,844

Tabla C-2 DIFUSIVIDADES BINARIAS DE MASA EN LOS LÍQUIDOS*

Soluto A	Solvente B	Temperatura en K	$Concentración\ de\ soluto\ en\ gmol/litro\ o\ Kgmol/m^3$	Difusividad $cm^2/s\ x10^5\ o\ m^2/s\ x10^9$
Cloro	Agua	289	0,12	1,26
Cloruro de Hidrógeno	Agua	273	9	2,7
			2	1,8
		283	9	3,3
			2,5	2,5
		289	0,5	2,44
Amoníaco	Agua	278	3,5	1,24
		288	1,0	1,77
Bióxido de carbono	Agua	283	0	1,46
		293	0	1,77
Cloruro de Sodio	Agua	291	0,05	1,26
			0,2	1,21
			1,0	1,24
			3,0	1,36
			5,4	1,54
Metanol	Agua	288	0	1,28
Ácido acético	Agua	285,5	1,0	0,82
			0,001	0,91
		291	1,0	0,96
Etanol	Agua	283	3,75	0,50
			0,05	0,83
		289	2,0	0,90
n-Butanol	Agua	288	0	0,77
Bióxido de carbono	Etanol	290	0	3,2
Cloroformo	Etanol	293	2,0	1,25

Tabla C-2 DIFUSIVIDADES BINARIAS EN LOS SÓLIDOS*

Soluto	Sólido	Temperatura en K	Difusividad $cm^2/s\ o\ m^2/s\ x10^4$	Difusividad ft^2/hr
Helio	Pyrex	293	$4{,}49x10^{-11}$	$1{,}74x10^{-10}$
		773	$2{,}00x10^{-8}$	$7{,}76x10^{-8}$
Hidrógeno	Níquel	358	$1{,}16x10^{-8}$	$4{,}5x10^{-8}$
		438	$1{,}05x10^{-7}$	$4{,}07x10^{-7}$
Bismuto	Plomo	293	$1{,}10x10^{-16}$	$4{,}27x10^{-16}$
Mercurio	Plomo	293	$2{,}50x10^{-15}$	$9{,}7x10^{-15}$
Antimonio	Plata	293	$3{,}51x10^{-21}$	$1{,}36x10^{-20}$
Aluminio	Cobre	293	$1{,}30x10^{-30}$	$5{,}04x10^{-30}$
Cadmio	Cobre	293	$2{,}71x10^{-15}$	$1{,}05x10^{-14}$

∗ *R. M. Barrer, Diffusion In and Through Solids, The Macmillan Company, Nueva York*, 1941.

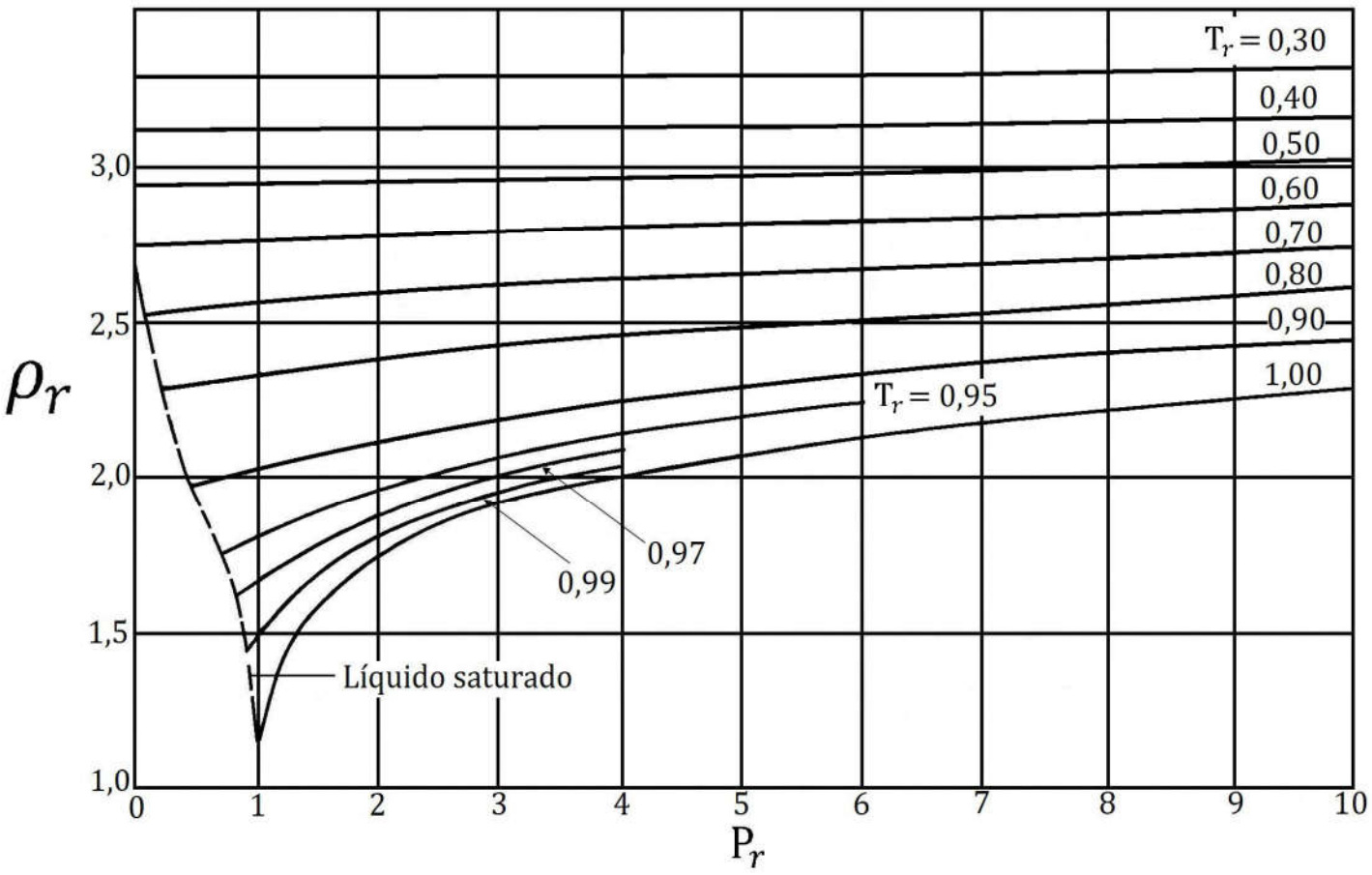


Figura 3.17 Correlación gráfica para la densidad generalizada de líquidos. (Basada en A.L. Lydersen R.A. Greenkorn, y O.A. Hougen, Generalized Themordynamic of Pure Fluids, Univ. Wisconsin, Eng. Expt. Sta. Rept. 4, 1955).

Tabla C-3 Tensión superficial de los líquidos a diversas temperaturas (dinas/cm)

Líquido	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
Agua	75,64	72,75	69,56	66,18	62,61	58,85
Alcohol etílico	24,05	22,27	20,60	19,01	----	-----
Alcohol metílico	24,5	22,6	20,9	----	----	15,7
Tetracloruro de carbono	----	26,8	24,3	21,9	----	-----
Acetona	26,2	23,7	21,2	18,6	16,2	----
Tolueno	30,74	28,43	26,13	23,81	21,53	19,39
Benceno	31,6	28,9	26,3	23,7	21,3	----

Tensión interfacial de los líquidos a 20°C (dinas/cm)

A	*B*	γ_A	γ_B	γ_{AB}
Agua	Benceno	72,75	28,88	35,0
Agua	Tetracloruro de carbono	72,75	26,8	45,0
Agua	n-Octano	72,75	21,8	50,8
Agua	n-Hexano	72,75	18,4	51,1
Agua	Mercurio	72,75	470,0	375,0
Agua	n-Octil alcohol	72,75	27,5	8,5
Agua	Éter etílico	72,75	17,0	10,7

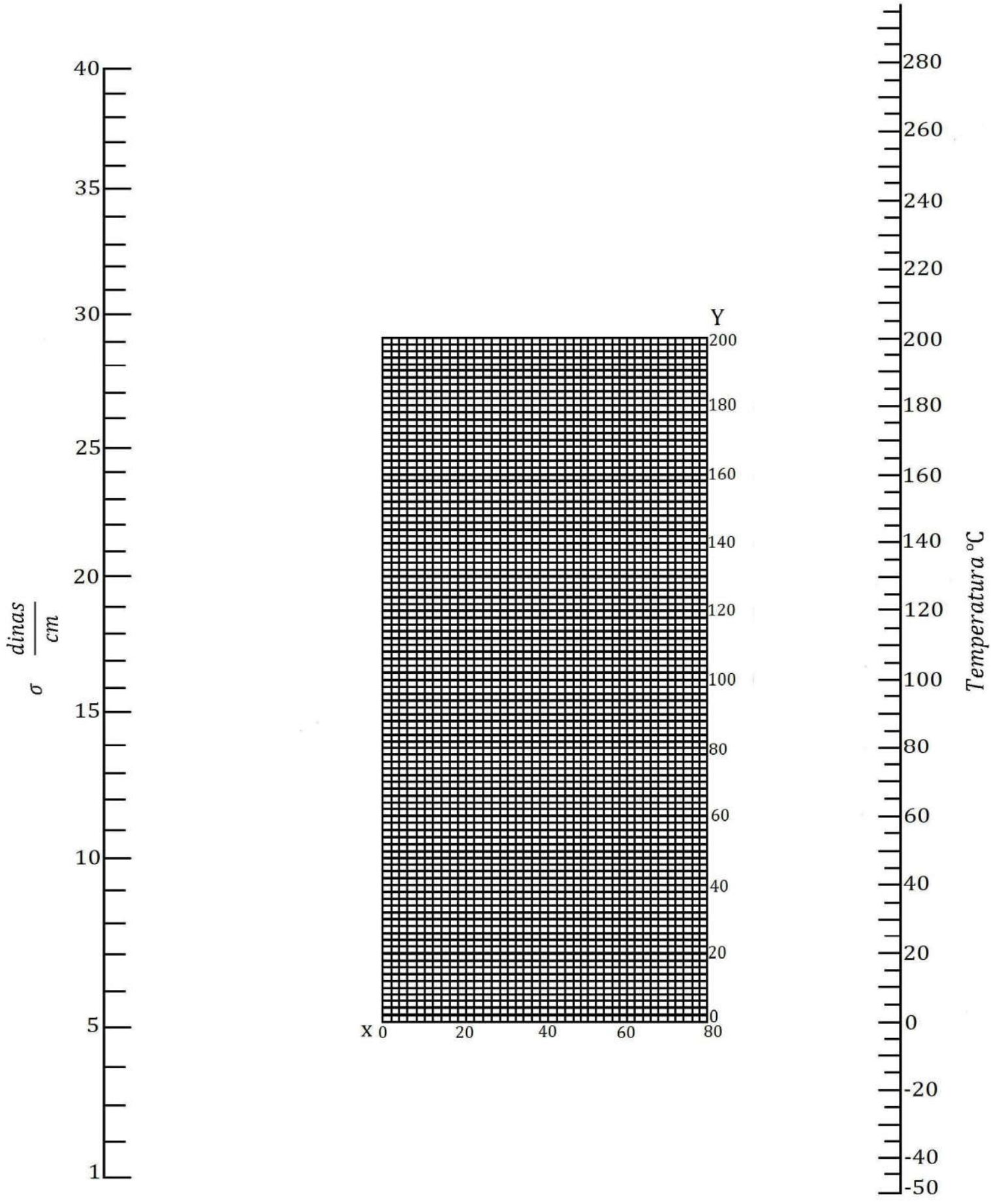


Fig. 10. Nomograma general sobre la tensión superficial de los líquidos con la temperatura. Coordenadas en la página siguiente

COORDENADAS PARA LA FIGURA 10.

Compuesto	X	Y
Acetal	19	88
Acetaldehído	33	78
Acetaldoxima	23,5	127
Acetamida	17	192,5
Ácido acético	17,1	116,5
Anhídrido acético	25	129
Acetona	28	91
Acetonitrilo	33,5	111
Acetofenona	18	163
Alcohol alílico	12	111,5
Anetol	13	158,1
Anilina	22,9	171,8
Anisol	24,4	138,9
Amoníaco	56,2	63,5
Acetato de isoamilo	16,4	103,1
Alcohol isoamílico	6	106,8
Benceno	30	110
Benzonitrilo	19,5	159
Bencilamina	25	156
Bromobenceno	23,5	145,5
Acetato de isobutilo	16	97,2
Alcohol butílico (n)	9,6	107,5
Alcohol isobutílico	5	103
Ácido butírico (n)	14,5	115
Ácido butírico (iso)	14,8	107,4
n-Butironitrilo	20,3	113
Disulfuro de carbono	35,8	117,2
Tetracloruro de carbono	26	104,5
Cloral	30	113
Cloro	45,5	59,2
Clorobenceno	23,5	132,5
p-Clorobromobenceno	14	162
Cloroformo	32	101,3
p-Clorotolueno	18,7	134
o-Cresol	20	161
m-Cresol	13	161,2
p-Cresol	11,5	160,5
Ciclohexano	42	86,7
Dietil cetona	20	101
Oxalato de dietilo	20,5	130,8
Sulfato de dietilo	19,5	139,5
Dietilanilina	17	142,6
Sulfato de dimetilo	23,5	158
Dimetilamina	16	66
Dimetilanilina	20	149
Acetato de etilo	27,5	92,4
Acetoacetato de etilo	21	132
Alcohol etílico	10	97
Benzoato de etilo	14,8	151
Bromuro de etilo	31,6	90,2
n-Butirato de etilo	17,5	102

Compuesto	X	Y
Isobutirato de etilo	20,9	93,7
Éter etílico	27,5	64
Formiato de etilo	30,5	88,8
Yoduro de etilo	28	113,2
Etil mercaptano	35	81
Propanoato de etilo	22,6	97
Etilamina	11,2	83
Etilbenceno	22	118
Cloruro de etileno	32	120
Óxido de etileno	42	83
n-Hexano	22,7	72,2
Cianuro de hidrógeno	30,6	66
Mesitileno	17	119,8
Acetato de metilo	34	90
Alcohol metílico	17	93
n-Butirato de metilo	25	88
Isobutirato de metilo	24	93,8
Cloruro de metilo	45,8	53,2
Éter metílico	44	37
Metil etil ctona	23,6	97
Formiato de metilo	38,5	88
Propanoato de metilo	29	95
Metilamina	42	58
Naftaleno	22,5	165
Nitroetano	25,4	126,1
Nitrometano	30	139
Cloruro de nitrosilo	38,5	93
Óxido nitroso	62,5	0,5
n-Octano	17,7	90
Paraldehído	22,3	103,8
Fenetol	20	134,2
Fenol	20	168
Oxicloruro de fósforo	26	125,2
Piperidina	24,7	120
Ácido propanoico	17	112
Propionitrilo	23	108,6
Acetato de propilo (n)	23	97
Alcohol propílico (n)	8,2	105,2
Formiato de propilo (n)	24	97
Propilamina (n)	25,5	87,2
p-Isopropil tolueno	12,8	121,2
Piridina	34	138,2
Quinoleína	19,5	183
Tiofeno	35	121
Tolueno	24	113
Trietilamina	20,1	83,9
Trimetilamina	21	57,6
Tripalmitina	2	151
Trifenilmetano	12,5	182,7
m-Xileno	20,5	118
p-Xileno	19	117

Tabla D-1 Propiedades físicas de diversas sustancias orgánicas e inorgánicas

Para convertir a kcal/gmol multiplique por 0,2390; para convertir a Btu/lbmol multiplique por 430,2

Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Peso específico relativo (p.e.r)	Punto de fusión (K)	ΔH Fusión (kJ/gmol)	Normal (K) en el p.eb.	ΔH vap. a p. eb. (kJ/gmol)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ (cm^3/gmol)	Z_c
Acetaldehído	C_2H_4O	44,05	$0,783^{18°/4°}$	149,5		293,2	24,91	466	55,0	154,0	0,221
Ácido acético	CH_3CHO_2	60,05	1,049	289,9	12,09	390,4	23,87	594,8	57,1	171	0,200
Acetona	C_3H_6O	58,08	0,791	178,2	5,69	329,2	30,2	508,2	46,48	210	0,234
Acetileno	C_2H_2	26,04	0,9061 (A)	191,7	3,7	191,7	17,5	309,5	61,6	113	0,274
Aire		28,97	1,00					132,45	37,4	92,0	0,318
Amoniaco	NH_3	17,03	$0,817^{-79°}$ 0,597 (A)	195,40	5,653	239,73	23,35	405,65	111,5	72	0,241
Carbonato de amonio	$(NH_4)_2\ CO_3 \cdot H_2O$	114,11	(se descompone a 331 K)								
Cloruro de amonio	NH_4Cl	53,50	$2,53^{17°}$	(se descompone a 623 K)							
Nitrato de amonio	NH_4NO_3	80,05	$1,725^{25°}$	442,8	5,4	(se descompone a 483,2 K)					
Sulfato de amonio	$(NH_4)_2SO_4$	132,14	1,769	786	(se descompone a 786 K después de fundirse)						
Anilina	C_6H_7N	93,12	1,022	266,9	10,55	457,4	44,23	699	52,8	270	0,248
Benzaldehído	C_6H_5CHO	106,12	1,046	247,16		452,16	38,40				
Benceno	C_6H_6	78,11	0,879	278,693	9,837	353,26	30,76	562,16	48,16	261	0,273
Ácido benzoico	$C_7H_6O_2$	122,12	$1,316^{28°/4°}$	395,4	523,0			751	44,12	347	0,248
Alcohol bencílico	C_7H_8O	108,13	1,045	257,8		478,4					
Óxido de boro	Br_2O_3	69,64	1,85	723	22,0						
Bromo	Br_2	159,83	$3,119^{20°}$ 5,87 (A)	265,8	10,8	331,78	31,0	584,15	101,5	135	0,286
1,2-butadieno	C_4H_6	54,09	$0,652^{20°}$	136,7		283,3	23,86	452	42,03	220	0,255
1,3-butadieno	C_4H_6	54,09	0,621	164,1		268,6	22,45	425,17	42,44	220	0,268
Butano	$n - C_4H_{10}$	58,12	0,579	134,83	4,661	272,66	22,31	425,12	37,21	255	0,272
Isobutano	$iso - C_4H_{10}$	58,12	0,557	113,56	4,540	261,43	21,29	408,1	36,0	263	0,283

$P.e.r. =$ 20°C/4°C *si nose especifica. El* $p.e.r.$ *degases es relativo al aire* (A)

Tabla D-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Peso específico relativo (p.e.r)	Punto de fusión (K)	ΔH Fusión (kJ/gmol)	Normal (K) en el p.eb.	ΔH vap. a p. eb. (kJ/gmol)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ (cm^3/gmol)	Z_c
Buteno	C_4H_8	56,10	0,60	87,81	3,848	266,91	21,92	419,95	39,87	241	0,279
Ftalato de butilo	Véase Ftalato de dibutilo										
Ácido n-butírico	$n-C_4H_8O_2$	88,10	0,958	267	11,07	437,1	35,44	615,7	40,17	291	0,231
Ácido iso-butírico	$iso-C_4H_8O_2$	88,10	0,949	226		427,7	34,53	605	36,32	291	0,213
Arsenato de calcio	$Ca_3(AsO_4)_2$	398,06		1723							
Carburo de calcio	CaC_2	64,10	$2,22^{18°}$	2573							
Carbonato de calcio	$CaCO_3$	100,09	2,93	(Se descompone a 1098 K)							
Cloruro de calcio	$CaCl_2$	110,99	$2,152^{15°}$	1055	28,4						
	$CaCl_2 \cdot H_2O$	129,01									
	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	147,03									
	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	219,09	$1,78^{17°}$	303,4	37,3	($-6H_2O$ a 473K)					
Cianamida de calcio	$CaCN_2$	80,11	2,29								
Cianuro de calcio	$Ca(CN)_2$	92,12									
Hidróxido de calcio	$Ca(OH)_2$	74,10	2,24	($-H_2O$ a 853K)							
Óxido de calcio	CaO	56,08	2,62	2873	50	3123					
Fosfato de calcio	$Ca_3(PO_4)_2$	310,19	3,14	1943							
Silicato de calcio	$CaSiO_3$	117,17	2,915	1803	48,62						
Sulfato de calcio (yeso)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	172,18	2,32	($-1\ 1/2\ H_2O$ a 301K)							
Carbono	C	12,010	2,26	3873	46,0	4473					
Dióxido de carbono	CO_2	44,01	1,53 (A) *1,229 líq. Sat a 5162 kPa*	$217,0^{5,2atm}$	8,32	(Se sublima a 195K)		304,2	72,9	94	0,275

Tabla D-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Peso específico relativo (p.e.r)	Punto de fusión (K)	ΔH Fusión (kJ/gmol)	Normal (K) en el p.eb.	ΔH vap. a p. eb. (kJ/gmol)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ (cm^3/gmol)	Z_c
Difulsuro de carbono	CS_2	76,14	$1,261^{22°/20°}$ 2,63 (A)	161,1	4,39	319,41	26,8	552,0	79,35	160	0,280
Monóxido de carbono	CO	28,01	0,968 (A)	68,10	0,837	81,66	6,042	132,92	34,44	95	0,300
Tetracloruro de carbono	CCl_4	153,84	1,595	250,3	2,5	349,9	30,0	556,4	45,0	276	0,272
Cloro	Cl_2	70,91	2,49 (A)	172,16	6,406	239,10	20,41	417,0	76,1	124	0,276
Clorobenceno	C_6H_5Cl	112,56	1,107	228		405,26	35,38	632,35	44,71	308	0,265
Cloroformo	$CHCl_3$	119,39	$1,489^{20°}$	209,5		334,2	29,51	536,4	54,77	238	0,296
Cromo	Cr	52,01	7,1	1823,15	16,44	2748,15					
Cobre	Cu	63,54	8,92	1356,2	13,0	2868	304,6				
Cumeno	C_9H_{12}	120,19	0,862	177,125	7,1	425,56	37,5	636	31,0	440	0,260
Sulfato cúprico	$CuSO_4$	159,61	$3,605^{15°}$	(Se descompone a 873 K)							
Ciclohexano	C_6H_{12}	84,16	0,779	279,83	2,677	353,90	30,1	553,58	40,46	308	0,274
Ciclopentano	C_5H_{10}	70,13	0,745	179,71	0,6088	322,42	27,30	511,8	44,41	257	0,272
Decano	$C_{10}H_{22}$	142,28	$0,730^{20°}$	243,3	28,75	447,0	39,64	617,7	20,63	601	0,245
Ftalato de dibutilo	$C_8H_{22}O_4$	278,34	$1,045^{21°}$			613					
Éter dietílico	$(C_2H_5)_2O$	74,12	$0,708^{25°}$	156,86	7,301	307,76	26,05	466,7	35,92	281	0,264
Etano	C_2H_6	30,07	1,049 (A)	89,89	2,860	184,53	14,72	305,32	47,87	146	0,279
Etanol	C_2H_6O	46,07	0,789	158,6	5,021	351,7	38,6	516,3	63,0	167	0,248
Acetato de etilo	$C_4H_8O_2$	88,10	0,901	189,4		350,2	32,23	523,3	38,0	287	0,254
Etil benceno	C_8H_{10}	106,16	0,867	178,185	9,163	409,35	36,0	617,2	35,53	375	0,263
Bromuro de etilo	C_2H_5Br	108,98	1,460	154,1		311,4	27,05	503,8	62,08	215	0,323
3-Etil hexano	C_8H_{18}	114,22	0,7169			391,69	34,3	567,0	26,4	466	0,264
Etileno	C_2H_4	28,05	0,975 (A)	103,97	3,351	169,45	13,54	282,34	49,64	132	0,283
Etilen glicol	$C_2H_6O_2$	62,07	$1,113^{19°}$	260	11,23	470,4	56,9	719,7	76,10	191	0,246
Óxido férrico	Fe_2O_3	159,70	5,12	1833	(Se descompone a 1833 K)						
Sulfuro férrico	Fe_2S_3	207,90	4,3	(Se descompone)							

Tabla D-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Peso específico relativo (p.e.r)	Punto de fusión (K)	ΔH Fusión (kJ/gmol)	Normal (K) en el p.eb.	ΔH vap. a p. eb. (kJ/gmol)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ (cm^3/gmol)	Z_c
Sulfuro ferroso	FeS	87,92	4,84	1466	(Se descompone)						
Formaldehído	H_2CO	30,03	$0,815^{-20°}$	154,9		253,9	24,5	408	65,04	115	0,223
Ácido fórmico	CH_2O_2	46,03	1,220	281,46	12,7	373,7	22,3	588	57,34	125	0,148
Glicerol	$C_3H_8O_3$	92,09	$1,260^{50°}$	291,36	18,30	563,2					
Helio	He	4,00	0,1368 (A)	3,5	0,02	4,216	0,084	5,26	2,26	58	0,304
Heptano	C_7H_{16}	100,20	0,684	182,57	14,03	371,59	31,69	540,2	26,84	428	0,259
Hexano	C_6H_{14}	86,17	0,659	177,84	13,03	341,90	28,85	507,6	30,0	373	0,269
Hidrógeno	H_2	2,016	0,06948 (A)	13,96	0,12	20,39	0,904	33,3	12,8	65	0,304
Cloruro de hidrógeno	HCl	36,461	1,268 (A)	158,94	1,99	188,11	16,15	324,65	82,51	82	0,253
Fluoruro de hidrógeno	HF	20,01	1,15	238		293	7,53	461,15	64,05	69	0,117
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	34,08	1,1895 (A)	187,63	2,38	212,82	18,67	373,53	88,82	99	0,287
Yodo	I_2	253,8	$4,93^{20°}$	386,5		457,4		826,0			
Hierro	Fe	55,85	7,7	1808	15	3073	353				
Óxido de Hierro	Fe_3O_4	231,55	5,2	1867	138	(Se descompone a 1867 K después de fundirse)					
Plomo	Pb	207,21	$11,337^{20°}$	600,6	5,10	2023	180				
Óxido de plomo	PbO	223,21	9,5	1159	11,7	1745	213				
Magnesio	Mg	24,32	1,74	923	9,2	1393	132				
Cloruro de magnesio	$MgCl_2$	95,23	$2,325^{25°}$	987	43,1	1691	137				
Hidróxido de magnesio	$Mg(OH)_2$	58,34	2,4	(Se descompone a 623 K)							
Óxido de magnesio	MgO	40,32	3,65	2915,15	77,4	3873					
Mercurio	Hg	200,61	$13,546^{20°}$								
Metano	CH_4	16,04	0,554 (A)	90,68	0,941	111,67	8,180	190,6	45,3	99	0,286
Metanol	CH_3OH	32,04	0,792	175,26	3,17	337,9	35,3	512,64	80,34	117	0,224
Acetato de metilo	$C_3H_6O_2$	74,08	0,933	174,3		330,3		506,55	46,29	229	0,256

Tabla D-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Peso específico relativo (p.e.r)	Punto de fusión (K)	ΔH Fusión (kJ/gmol)	Normal (K) en el p.eb.	ΔH vap. a p. eb. (kJ/gmol)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ (cm^3/gmol)	Z_c
Metilamina	CH_5N	31,06	$0{,}699^{-11^\circ}$	180,5		$266{,}3^{758mm}$	26,12	430,05	73,13	154	0,319
Cloruro de metilo	CH_3Cl	50,49	1,785 (A)	175,3		249	21,56	416,25	66,0	142	0,275
Metil etil cetona	C_4H_8O	72,10	0,805	186,1		352,6	31,57	535,5	40,66	267	0,247
Metil ciclohexano	C_7H_{14}	98,18	0,769	146,58	6,751	374,10	31,7	572,2	34,32	344	0,251
Molibdeno	Mo	95,95	10,2	2895,15	27,86	5073,15	535,55				
Naftaleno	$C_{10}H_8$	128,16	1,145	353,2	19,30	491,0	43,10	748,35	39,38	413	0,265
Níquel	Ni	58,69	$8{,}90^{20^\circ}$	1725		3173					
Ácido nítrico	HNO_3	63,02	1,502	231,56	10,47	359	30,30				
Nitrobenceno	$C_6H_5NO_2$	123,11	1,203	278,7		483,9					
Nitrógeno	N_2	28,02	12,5 (D)	63,15	0,720	77,34	5,577	126,2	33,46	89	0,288
Dióxido de nitrógeno	NO_2	46,01	1,448	263,86	7,334	294,46	14,73	431,0	100,0	82	0,232
Óxido de nitrógeno (nítrico)	NO	30,01	1,0367 (A)	109,51	2,301	121,39	13,78	180,15	64,35	58	0,252
Pentóxido de nitrógeno	N_2O_5	108,02	$1{,}63^{18^\circ}$	303		320					
Tetróxido de nitrógeno	N_2O_4	92	$1{,}448^{20^\circ}$	263,7		294,3		431,0	99,0		
Óxido nitroso	N_2O	44,02	$1{,}226^{-89^\circ}$ 1,530 (A)	182,1		184,4		309,57	71,85	98	0,277
n-Nonano	C_9H_{20}	128,25	0,718	219,4		423,8		594,6	22,80	540	0,252
n-Octano	C_8H_{18}	114,22	0,703	216,2		398,7		568,7	24,38	486	0,254
Ácido oxálico	$C_2H_2O_4$	90,04	1,90	(Se descompone a 459 K)							
Oxígeno	O_2	32,00	1,1053 (A)	54,40	0,443	90,19	6,820	154,58	49,54	74	0,287
n-Pentano	C_5H_{12}	72,15	$0{,}630^{18^\circ}$	143,49	8,393	309,23	25,77	469,7	33,16	315	0,271
Isopentano	$iso - C_5H_{12}$	72,15	$0{,}621^{19^\circ}$	113,1		300,9		461,0	32,9	308	0,268
1-Penteno	C_5H_{10}	70,13	0,641	107,96	4,937	303,13	25,36	464,78	35,13	295	0,271
Fenol	C_6H_5OH	94,11	$1{,}071^{25^\circ}$	315,66	11,43	454,56	46,51	694,25	59,81	229	0,240

Tabla D-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Peso específico relativo (p.e.r)	Punto de fusión (K)	ΔH Fusión (kJ/gmol)	Normal (K) en el p.eb.	ΔH vap. a p. eb. (kJ/gmol)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ (cm^3/gmol)	Z_c
Fenilhidracina	$C_6H_8N_2$	108,14	$1{,}097^{23°}$	292,76	16,43	51,66					
Ácido fosfórico	H_3PO_4	98,00	$1{,}834^{18°}$	315,51	10,5	($-\frac{1}{2}$ H_2O a 486 K)					
Fósforo (rojo)	P_4	123,90	2,20	863	81,17	863	41,84				
Fósforo (blanco)	P_4	123,90	1,82	317,4	2,5	553	49,71				
Pentóxido de fósforo	P_2O_5	141,95	2,387	(Se sublima a 523 K)							
Propano	C_3H_8	44,09	1,562 (A)	85,47	3,524	231,09	18,77	369,83	41,55	200	0,273
Propeno	C_3H_6	42,08	1,498 (A)	87,91	3,002	255,46	18,42	365,57	45,69	188	0,286
Ácido propanoico	$C_3H_6O_2$	74,08	0,993	252,2		414,4	31,36	600,81	45,5	232	0,214
Alcohol n-propílico	C_3H_8O	60,09	0,804	146		370,2	41,66	536,78	50,53	220	0,252
Alcohol isopropílico	C_3H_8O	60,09	0,785	183,5		355,4	39,38	508,3	47,27	221	0,250
n-Propil benceno	C_9H_{12}	120,19	0,862	173,660	8,54	432,38	38,2	638,7	31,3	429	0,257
Dióxido de silicio	SiO_2	60,09	2,25	1883	8,54	2503					
Bisulfato de sodio	$NaHSO_4$	120,07	2,742	455							
Carbonato de sodio (sal de sosa)	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	286,15	1,46	306,5		($-H_2O$ a 306,5K)					
Carbonato de sodio (cenizas de sosa)	Na_2CO_3	105,99	2,533	1127	3,4	(Se descompone)					
Cloruro de sodio	NaCl	58,45	2,163	1081	28,5	1738	171				
Cianuro de sodio	NaCN	49,01		835	16,7	1770	155				
Hidróxido de sodio	NaOH	40,00	2,130	592	8,4	1663					
Nitrato de sodio	$NaNO_3$	85,00	2,257	583	15,9	(Se descompone a 653 K)					
Nitrito de sodio	$NaNO_2$	69,00	$2{,}168^{0°}$	544		(Se descompone a 593 K)					
Sulfato de sodio	Na_2SO_4	142,05	2,698	1163	24,3						
Sulfuro de sodio	Na_2S	78,05	1,856	1223	6,7						
Sulfito de sodio	Na_2SO_3	126,05	$2{,}633^{15°}$	(Se descompone)							

Tabla D-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso molecular	Peso específico relativo (p.e.r)	Punto de fusión (K)	ΔH Fusión (kJ/gmol)	Normal (K) en el p.eb.	ΔH vap. a p. eb. (kJ/gmol)	T_c (K)	P_c (atm)	$\bar{v}_c$ (cm^3/gmol)	Z_c
Tiosulfato de sodio	$Na_2S_2O_3$	158,11	1,667								
Azufre (Rómbico)	S_8	256,53	2,07	386	10,0	717,76	84				
Azufre (Monoclínico)	S_8	256,53	1,96	392	14,17	717,76	84				
Cloruro de azufre	S_2Cl_2	135,05	1,687	193,0		411,2	36,0				
Dióxido de azufre	SO_2	64,07	2,264 (A)	197,68	7,402	263,14	24,92	430,75	77,57	123	0,269
Trióxido de azufre	SO_3	80,07	2,75 (A)	290,0	24,5	316,5	41,8	490,85	80,83	127	0,255
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	98,08	$1,834^{18°}$	283,51	9,87	(Se descompone a 614 K)					
Tolueno	$C_6H_5CH_3$	92,13	0,866	178,169	6,619	383,78	33,5	591,8	40,46	314	0,262
Agua	H_2O	18,016	$1,00^{4°}$	273,16	6,009	373,16	40,65	647,13	216,5	56	0,228
m-Xileno	C_8H_{10}	106,16	0,864	225,288	11,57	412,26	34,4	617,05	34,84	377	0,259
o-Xileno	C_8H_{10}	106,16	0,880	247,978	13,60	417,58	36,8	630,33	36,91	374	0,267
p-Xileno	C_8H_{10}	106,16	0,861	286,423	17,11	411,51	36,1	616,23	34,54	381	0,260
Cinc	Zn	65,38	7,140	692,7	6,673	1180	114,8				
Sulfato de cinc	$ZnSO_4$	161,44	$3,74^{15°}$	(Se descompone a 1013 K)							

Tabla E-1 Ecuaciones de capacidad calorífica para compuestos orgánicos e inorgánicos a bajas presiones[*]

Formas: (1) $Cp^o = a + b(T) + c(T)^2 + d(T)^3$

(2) $Cp^o = a + b(T) + c(T)^{-2}$

Las unidades del Cp^o son J/(gmol)(K o °C)

Para convertir a cal/(gmol) (K o °C) a Btu/(lbmol)(°R o °F), multiplique por 0,2390

Nota: bx10^2 significa que el valor de b se debe multiplicar por x10^{-2}; p. ej., 20,10x10^{-2} para la acetona

Compuesto	Fórmula	Peso mol.	Estado	Forma	T	a	b x10^2	c x10^5	d x10^9	Intervalo de temp. (en T)
Acetona	CH_3COCH_3	58,08	g	1	°C	71,96	20,10	-12,78	34,76	0-1200
Acetaldehído	C_2H_2	26,04	g	1	°C	42,43	6,053	-5,033	18,20	0-1200
Aire		29,0	g	1	°C	28,94	0,4147	0,3191	-1,965	0-1500
			g	1	K	28,09	0,1965	0,4799	-1,965	273-1800
Amoniaco	NH_3	17,03	g	1	°C	35,15	2,954	0,4421	-6,686	0-1200
Sulfato de amonio	$(NH_4)_2SO_4$	132,15	C	1	K	215,9				275-328
Benceno	C_6H_6	78,11	l	1	K	-7,27329	77,054	-164,82	1897,9	279-350
			g	1	°C	74,06	32,95	-25,20	77,57	0-1200
Isobutano	C_4H_{10}	58,12	g	1	°C	89,46	30,13	-18,91	49,87	0-1200
n-butano	C_4H_{10}	58,12	g	1	°C	92,30	27,88	-15,47	34,98	0-1200
Isobuteno	C_4H_8	56,10	g	1	°C	82,88	25,64	-17,27	50,50	0-1200
Carburo de calcio	CaC_2	64,10	c	2	K	68,62	1,19	$-8{,}66x10^{10}$		298-720
Carbonato de calcio	$CaCO_3$	100,09	c	2	K	82,34	4,975	$-12{,}87x10^{10}$		273-1033
Hidróxido de calcio	$Ca(OH)_2$	74,10	c	1	K	89,5				276-373
Óxido de calcio	CaO	56,08	c	2	K	41,84	2,03	$-4{,}52x10^{10}$		273-1173
Carbono	C	12,01	$c^{\dagger}$	2	K	11,18	1,095	$-4{,}891x10^{10}$		273-1373
Dióxido de carbono	CO_2	44,01	g	1	°C	36,11	4,233	-2,887	7,464	0-1500
Monóxido de carbono	CO	28,01	g	1	°C	28,95	0,4110	0,3548	-2,220	0-1500
Tetracloruro de carbono	CCl_4	153,84	l	1	K	12,285	0,01095	-318,26	3425,2	273-343
Cloro	Cl_2	70,91	g	1	°C	33,60	1,367	-1,607	6,473	0-1200
Cobre	Cu	63,54	c	1	K	22,76	0,06117			273-1357

† *Grafito* ‡ *Rómbico* § *Monoclínico*

Tabla E-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso mol.	Estado	Forma	T	a	b x10^2	c x10^5	d x10^9	Intervalo de temp. (en T)
Cumeno (isopropil benceno)	C_9H_{12}	120,19	g	1	°C	139,2	53,76	-39,79	120,5	0-1200
Ciclohexano	C_6H_{12}	84,16	g	1	°C	94,140	49,62	-31,90	80,63	0-1200
Ciclopentano	C_5H_{10}	70,13	g	1	°C	73,39	39,28	-25,54	68,66	0-1200
Etano	C_2H_6	30,07	g	1	°C	49,37	13,92	-5,816	7,280	0-1200
Alcohol etílico	C_2H_6O	46,07	l	1	°C	-325,137	0,041379	-1403,1	$1{,}7035x10^4$	250-400
			g	1	°C	61,34	15,72	-8,749	19,83	0-1200
Etileno	C_2H_4	28,05	g	1	°C	40,75	11,47	-6,891	17,66	0-1200
Óxido férrico	Fe_2O_3	159,70	c	2	K	103,4	6,711	$-17{,}72x10^{10}$		273-1097
Formaldehído	CH_2O	30,03	g	1	°C	34,28	4,268		-8,694	0-1200
Helio	He	4,00	g	1	°C	20,8				All
n-Hexano	C_6H_{14}	86,17	l	1	K	31,421	0,97606	-235,37	3092,7	273-400
			g	1	°C	137,44	40,85	-23,92	57,66	0-1200
Hidrógeno	H_2	2,016	g	1	°C	28,84	0,00765	0,3288	-0,8698	0-1500
Bromuro de hidrógeno	HBr	80,92	g	1	°C	29,10	-0,0227	0,9887	-4,858	0-1200
Cloruro de hidrógeno	HCl	36,47	g	1	°C	29,13	-0,1341	0,9715	-4,335	0-1200
Cianuro de hidrógeno	HCN	27,03	g	1	°C	35,3	2,908	1,092		0-1200
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	34,08	g	1	°C	33,51	1,547	0,3012	-3,292	0-1500
Cloruro de magnesio	$MgCl_2$	95,23	c	1	K	72,4	1,58			273-991
Óxido de magnesio	MgO	40,32	c	2	K	45,44	0,5008	$-8{,}732x10^{10}$		273-2073
Metano	CH_4	16,04	g	1	°C	34,31	5,469	0,3661	-11,00	0-1200
			g	1	K	19,87	5,021	1,268	-11,00	273-1500
Alcohol métilico	CH_3OH	32,04	l	1	K	42,93	8,301	-1,1639	$1{,}4052x10^4$	273-400
			g	1	°C	121,3	56,53	-1,87	-8,03	0-700
Metil ciclohexano	C_7H_{14}	98,18	g	1	°C	121,3	56,53	-37,72	100,8	0-1200
Metil ciclopentano	C_6H_{12}	84,16	g	1	°C	98,83	45,857	-30,44	83,81	0-1200
Ácido nítrico	HNO_3	63,02	l	1	°C	110,0				25

Tabla E-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula	Peso mol.	Estado	Forma	T	a	b x10^2	c x10^5	d x10^9	Intervalo de temp. (en T)
Óxido nítrico	NO	30,01	g	1	°C	29,50	0,8188	-0,2925	0,3652	0-3500
Nitrógeno	N_2	28,02	g	1	°C	29,00	0,2199	0-5723	-2,781	0-1500
Dióxido de nitrógeno	NO_2	46,01	g	1	°C	36,07	3,97	-2,88	7,87	0-1200
Tetróxido de nitrógeno	N_2O_4	92,02	g	1	°C	75,7	12,5	-11,3		0-1300
Óxido nitroso	N_2O	44,02	g	1	°C	37,66	4,151	-2,694	10,57	0-1200
Oxígeno	O_2	32,00	g	1	°C	29,10	1,158	-0,6076	1,311	0-1500
n-pentano	C_5H_{12}	72,15	l	1	K	33,24	192,41	-236,87	17944	270-350
			g	1	°C	114,8	34,09	-18,99	42,26	0-1200
Propano	C_3H_8	44,09	g	1	°C	68,032	22,59	-13,11	31,71	0-1200
Propileno	C_3H_6	42,08	g	1	°C	59,580	17,71	-10,17	24,60	0-1200
Carbonato de sodio	Na_2CO_3	105,99	c	1	K	121				288-371
Carbonato de sodio	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	286,15	c	1	K	535,6				298
Azufre	S	32,07	c‡	1	K	15,2	2,68			273-368
			c§	1	K	18,5	1,84			368-392
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	98,08	l	1	°C	139,1	15,59			10-45
Dióxido de azufre	SO_2	64,07	g	1	°C	38,91	3,904	-3,104	8,606	0-1500
Trióxido de azufre	SO_3	80,07	g	1	°C	48,50	9,188	-8,540	32,40	0-1000
Tolueno	C_7H_8	92,13	l	1	K	1,8083	81,222	-151,27	1630	270-370
			g	1	°C	94,18	38,00	-27,86	80,3	0-1200
Agua	H_2O	18,016	l	1	K	18,2964	47,212	-133,88	1314,2	273-373
			g	1	°C	33,46	0,6880	0,7604	-3,593	0-1500

Tabla E-2 CAPACIDADES CALORÍFICAS MOLARES DE GASES Y SUS DIFERENCIAS

Gas	Cp $(cal/grado)$	Cv $(cal/grado)$	Cp - Cv $(cal/grado)$
Hidrógeno	6,871	4,884	1,987
Helio	5,004	3,017	1,987
Oxígeno	6,989	4,994	1,995
Monóxido de carbono	7,014	5,017	1,997
Dióxido de carbono	8,89	6,86	2,03
Amoníaco	8,77	6,70	2,07
Etileno	10,23	8,19	2,04

Tabla F-1 CONSTANTES DE ANTOINE $\log Pv = A - \frac{B}{T+C}$ **Pv (mmHg) ; T (°C)**

Compuesto	Fórmula química		A	B	C	Tmin	Tmáx
Acetaldehído (Etanal)	CH_3CHO	C_2H_4O	7,0565	1070,60	236,01	-63	47
Acetato de etilo	$CH_3CO_2C_2H_5$	$C_4H_8O_2$	7,0146	1211,90	216,01	-13	112
Acetileno (Etino)	$HC \equiv CH$	C_2H_2	9,1402	1232,60	280,90	-129	-83
Acetona (Propanona)	CH_3COCH_3	C_3H_6O	7,2316	1277,03	237,23	-32	77
Agua	H_2O	H_2O	8,1077	1750,29	235	0	60
Agua	H_2O	H_2O	7,9668	1668,21	228	60	150
Ácido Acético	CH_3CO_2H	$C_2H_4O_2$	7,2996	1479,02	216,82	17	157
Ácido Benzoico	$C_6H_5CO_2H$	$C_7H_6O_2$	7,4540	1820,00	147,96	132	287
Ácido Fórmico	HCO_2H	CH_2O_2	7,3779	1563,28	247,07	-2	136
Ácido Tioacético	CH_3COSH	C_2H_4OS	7,7489	1479,02	216,82	40	106
Acrilo Nitrilo	$CH_2 = CHCN$	C_3H_3N	6,9163	1208,30	222,01	-18	112
Amoníaco	NH_3	NH_3	7,5547	1002,71	247,89	-83	60
Anhídrido Acético	$(CH_3CO)_2O$	$C_4H_6O_3$	7,1216	1427,77	198,05	35	164
Anilina (aminobenceno)	$C_6H_5NH_2$	C_6H_7N	7,2418	1675,30	200,01	67	227
Benceno	C_6H_6	C_6H_6	6,9057	1211,03	220,79	-16	104
Bromo Benceno	C_6H_5Br	C_6H_5Br	6,8606	1438,82	205,45	47	177
Bromo Etano	CH_3CH_2Br	C_2H_5Br	6,9200	1090,81	231,72	-47	60
Bromo Metano	CH_3Br	CH_3Br	6,9597	986,59	238,33	-58	53
1-Bromo Propano	$CH_3CH_2CH_2Br$	C_3H_7Br	7,0377	1259,84	232,04	-53	71
2-Bromo Propano	$(CH_3)_2CHBr$	C_3H_7Br	7,0046	1223,46	236,51	-62	60
Butano	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	C_4H_{10}	6,8090	935,86	238,73	-78	19
1-Butanol (n)	$C_2H_5CH_2CH_2OH$	$C_4H_{10}OH$	7,4768	1362,39	178,73	15	131
2-Butanol (sec)	$C_2H_5CH(OH)CH_3$	$C_4H_{10}OH$	7,4743	1314,19	186,51	25	120
Terbutanol	$(CH_3)_3COH$	$C_4H_{10}OH$	7,3199	1154,48	177,66	20	103
Cianógeno	$(CN)_2$	C_2N_2	6,4363	576,58	182,31	-77	-4
Ciclohexano	$CH_2 < (CH_2CH_2)_2 > CH_2$	C_6H_{12}	6,8413	1201,53	222,65	6	105
Cloro Benceno	C_6H_5Cl	C_6H_5Cl	6,9781	1431,05	217,56	47	147
Cloro Etano	CH_3CH_2Cl	C_2H_5Cl	6,9400	1012,78	236,68	-73	37
Cloroformo	$CHCl_3$	$CHCl_3$	6,9371	1171,20	227,00	-13	97
Clorometano	CH_3Cl	CH_3Cl	6,9944	902,45	243,61	-93	-7
Cloruro de acetilo	CH_3COCl	C_2H_3ClO	6,8407	1062,86	217,63	-36	82
m-Cresol (1,3)	$CH_3C_6H_4OH$	C_7H_8O	7,5080	1856,36	199,07	97	207
o-Cresol (1,2)	$CH_3C_6H_4OH$	C_7H_8O	6,9117	1435,50	165,16	97	207
p-Cresol (1,4)	$CH_3C_6H_4OH$	C_7H_8O	7,0351	1511,08	161,86	97	207
Cumeno	$C_6H_5CH(CH_3)_2$	C_9H_{12}	6,9367	1460,79	207,78	38	181
Decano	$CH_3(CH_2)_8CH_3$	$C_{10}H_{22}$	6,9638	1508,75	195,37	58	203
1,1-Dicloroetano	CH_3CHCl_2	$C_2H_4Cl_2$	6,9853	1171,42	228,13	-31	79
1,2-Dicloroetano	$ClCH_2CH_2Cl$	$C_2H_4Cl_2$	7,0253	1271,25	222,94	-33	100
Diclorometano	CH_2Cl_2	CH_2Cl_2	7,0803	1138,91	231,46	-44	58
Dimetilamina	$(CH_3)_2NH$	C_2H_7N	7,0639	1024,40	238,01	-55	37
Dióxido de carbono	CO_2	CO_2	9,8106	1347,79	273,00	-119	-58
Disulfuro de carbono	CS_2	CS_2	6,9419	1168,62	241,54	-45	68
Dodecano	$CH_3(CH_2)_{10}CH_3$	$C_{12}H_{26}$	6,9980	1639,27	181,84	91	247
Estireno	$C_6H_5CH = CH_2$	C_8H_8	6,9571	1445,58	209,44	32	187
Etano	CH_3CH_3	C_2H_6	6,8345	663,70	256,47	-143	-75

Tabla F-1 (cont.)

Compuesto	Fórmula química		A	B	C	Tmin	Tmáx
Etanol (alc. etílico)	CH_3CH_2OH	C_2H_6O	8,2133	1652,05	231,48	-3	96
Éter (éter etílico)	$(CH_3CH_2)_2O$	$C_4H_{10}O$	6,9203	1064,07	228,80	-61	20
Éter dibutilico	$(C_2H_5CH_2CH_2)_2O$	$C_8H_{18}O$	6,9825	1431,50	207,01	32	182
Éter dimetílico	CH_3OCH_3	C_2H_6O	7,3164	1025,56	256,06	-94	-8
Éter dipropílico	$(C_2H_5CH_2)_2O$	$C_6H_{14}O$	6,9476	1256,50	219,00	-24	89
Éter di-isopropílico	$((CH_3)_2CH)_2O$	$C_6H_{14}O$	7,0971	1257,60	230,01	-24	91
Etilamina	$C_2H_5NH_2$	C_2H_7N	7,3862	1137,30	235,86	-58	43
Etil benceno	$C_6H_5C_2H_5$	C_8H_{10}	6,9572	1424,26	213,21	26	163
Etilenglicol (glicol)	$OHCH_2CH_2OH$	C_2H_6O	8,7945	2615,40	244,91	91	221
Etileno (eteno)	$CH_2 = CH_2$	C_2H_4	6,7476	585,00	255,00	-153	-91
Fenol	C_6H_5OH	C_6H_6O	7,1345	1516,07	174,57	72	208
Fluorometano	CH_3F	CH_3F	7,0976	740,22	253,89	-132	-64
Formaldehído (metanal)	$HCHO$	CH_2O	7,1561	957,24	243,01	-88	-2
Furano	C_4H_4O	C_4H_4O	6,9753	1060,85	227,75	-35	90
Heptano	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	C_7H_{16}	6,8939	1264,37	216,64	-2	123
Hexano	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	C_6H_{14}	6,8702	1168,72	224,21	-25	92
Metano	CH_4	CH_4	6,6956	405,42	267,78	-181	-152
Metanol	CH_3OH	CH_4O	8,0724	1574,99	238,87	-16	91
Metilamina	CH_3NH_2	CH_5N	7,4969	1079,15	240,24	-61	38
Metil etil cetona	$CH_3COC_2H_5$	C_4H_8O	7,2087	1368,21	236,51	-16	103
Monóxido de carbono	CO	CO	6,2402	230,27	260,01	-210	-165
Naftaleno	$C_{10}H_8$	$C_{10}H_8$	7,0107	1733,71	201,86	87	250
Nonano	$CH_3(CH_2)_7CH_3$	C_9H_{20}	6,9344	1429,46	201,82	39	179
Octano	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	C_8H_{18}	6,9094	1349,82	209,39	19	152
Óxido de etileno	$< (CH_2CH_2)_2 > O$	C_2H_4O	7,2701	1115,10	244,15	-73	37
Pentadecano	$CH_3(CH_2)_{13}CH_3$	$C_{15}H_{32}$	7,0236	1789,95	161,38	136	304
Pentano	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	C_5H_{12}	6,8763	1075,78	233,21	-50	58
1-pentanol	$CH_3(CH_2)_3CH_2OH$	$C_5H_{12}O$	7,1776	1314,56	168,16	37	138
Piridina	$CH < (CHCH)_2 > N$	C_5H_5N	6,9882	1344,20	212,01	12	152
Propano	$CH_3CH_2CH_3$	C_3H_8	6,8040	803,81	246,99	-108	-25
n-propanol	$CH_3CH_2CH_2OH$	C_3H_8O	7,6192	1375,14	193,01	12	127
iso-propanol	$(CH_3)_2CHOH$	C_3H_8O	8,1182	1580,92	219,62	0	101
Propileno (propeno)	$CH_3CH = CH_2$	C_3H_6	6,8196	785,00	247,00	-112	-32
Propino (Metil acetileno)	$CH_3C \equiv CH$	C_3H_4	6,7849	803,73	229,06	-90	6
Propionaldehído	CH_3CH_2CHO	C_3H_6O	7,0493	1154,80	229,01	-38	77
Tetracloruro de carbono	CCl_4	CCl_4	6,8941	1219,58	227,17	-20	101
Tetradecano	$CH_3(CH_2)_{12}CH_3$	$C_{14}H_{30}$	7,0130	1740,88	167,72	122	286
Tiofeno	$< (CH = CH)_2 > S$	C_4H_4S	6,9593	1246,02	221,35	-12	108
Tolueno	$C_6H_5CH_3$	C_7H_8	6,9546	1344,80	219,48	6	136
Tridecano	$CH_3(CH_2)_{11}CH_3$	$C_{13}H_{28}$	7,0076	1690,67	174,22	107	267
Trietilamina	$(CH_3CH_2)_3N$	$C_6H_{15}N$	6,8989	1251,80	222,01	-13	127
Trimetilamina	$(CH_3)_3N$	C_3H_9N	6,9704	968,70	234,01	-58	32
Undecano	$CH_3(CH_2)_9CH_3$	$C_{11}H_{24}$	6,9722	1569,57	187,70	75	226
m-xileno (1,3)	$C_6H_4(CH_3)_2$	C_8H_{10}	7,0091	1462,27	215,11	28	166
o-xileno (1,2)	$C_6H_4(CH_3)_2$	C_8H_{10}	6,9989	1474,68	213,69	32	172
p-xileno (1,4)	$C_6H_4(CH_3)_2$	C_8H_{10}	6,9905	1453,43	215,31	27	165

Tabla F-2 TEMPERATURAS Y PRESIONES DEL PUNTO TRIPLE DE ALGUNAS SUSTANCIAS PURAS

SUSTANCIA	FÓRMULA	T(K)	P (atm)
Acetileno	C_2H_2	192,4	1,1843
Ácido acético	CH_3COOH	289,75	$1,1974x10^{-2}$
Agua	H_2O	273,16	$6,0371x10^{-5}$
Amoníaco	NH_3	195,5	$5,9965x10^{-2}$
Argón	Ar	83,81	0,67999
Benceno	C_6H_6	278,65	$4,7274x10^{-2}$
Carbón (Grafito)	C	3900	99,679
Cloruro de Hidrógeno	HCl	158,96	0,13718
Deuterio	D_2	18,63	0,16876
Dióxido de Carbono	CO_2	216,55	5,1024
Dióxido de Sulfuro	SO_2	197,69	$1,6482x10^{-2}$
Etano	C_2H_6	89,89	$7,8954x10^{-6}$
Etileno	C_2H_4	104	$1,1843x10^{-3}$
Helio 4 (X)	He	2,19	$5,0333x10^{-2}$
Hidrógeno	H_2	13,84	$6,9479x10^{-2}$
Mercurio	Hg	234,2	$1,6284x10^{-9}$
Metano	CH_4	90,68	0,11547
Monóxido de Carbono	CO	68,10	0,15169
Neón	Ne	24,57	0,42635
Óxido Nítrico	NO	109,5	0,21633
Oxígeno	O_2	54,35	$1,5001x10^{-3}$
Tetracloruro de Carbono	CCl_4	250,47	0,013158
Xenón	Xe	161,3	0,80434
n-Butano	C_4H_{10}	134,9	$6,6124x10^{-6}$
iso-Butano	C_4H_{10}	113,6	$1,8752x10^{-7}$
Metanol	CH_3OH	175,6	$3,9477x10^{-6}$
Nitrógeno	N_2	63,15	0,1237
Nonano	C_9H_{20}	219,7	$2,5660x10^{-6}$
Octano	C_8H_{18}	216,4	$1,4705x10^{-5}$
Flúor	F_2	53,5	$2,4673x10^{-3}$
Propano	C_3H_8	85,5	$2,9608x10^{-9}$
Propileno	C_3H_6	87,9	$9,4152x10^{-9}$

Tabla F-3 Parámetros de componentes puros

Propiedades y parámetros críticos que caracterizan no idealidad en fase de vapor

$T_c\ (K)$	$P_c\ (atm)$	$\bar{v}_c$ $(cm^3/gmol)$	ω	ω_H	μ	η	Sustancia
126,6	33,54	90,1	0,040	---	---	---	Nitrógeno
132,90	34,53	93,1	0,049	---	---	---	Monóxido de Carbono
150,72	48,00	75,2	0,000	---	---	---	Argón
154,78	50,14	78,0	0,021	---	---	---	Oxígeno
190,66	45,80	99,0	0,013	---	---	---	Metano
209,39	54,18	92,2	0,000	---	---	---	Kriptón
227,67	36,91	140,7	0,174	---	---	---	Tetrafluoruro de Carbono
283,06	50,50	124,0	0,097	---	---	---	Etileno
304,16	72,80	94,0	0,225	---	---	---	Dióxido de Carbono
305,40	48,20	148,0	0,105	---	---	---	Etano
317,80	58,00	113,0	0,189	0,105	1,82	0,00	Fluoruro de metilo
365,10	45,40	181,0	0,140	---	---	---	Propileno
369,97	42,01	200,0	0,152	---	---	---	Propano
384,70	39,60	217,9	0,158	0,201	0,55	0,00	Dicloro-Difluorometano
400,10	52,60	187,0	0,210	0,152	1,30	0,55	Dimetil éter
405,50	111,30	72,5	0,250	0,010	1,47	0,00	Amoníaco
416,30	65,90	143,0	0,146	0,105	1,86	0,00	Cloruro de metilo
425,17	37,47	256,1	0,200	---	---	---	n-butano
430,1	73,1	---	0,281	0,105	1,25	0,72	Metilamina
430,7	77,8	122,0	---	0,152	1,61	0,00	Dióxido de azufre
433,3	40,2	254,0	0,198	0,187	0,65	0,20	Trimetilamina
437,8	52,4	---	0,300	0,152	1,03	0,56	Dimetilamina
451,7	51,0	197,2	0,203	0,187	1,29	0,30	Dicloromonofluoro metano
456,4	55,5	181,6	0,303	0,152	1,22	0,62	Etilamina
461,0	60,9	---	0,204	0,152	2,70	0,00	Acetaldehído
464,0	72,5	---	---	0,105	1,80	0,00	Bromuro de metilo
464,4	52,0	193,0	0,174	0,152	2,05	0,00	Cloruro de etilo
466,95	36,2	284,0	0,283	0,252	1,16	0,28	Éter etílico
471,2	43,2	248,0	0,295	0,201	0,50	0,00	Tricloromonofluorometano
487,2	59,2	172,0	0,253	0,201	1,37	0,58	Formiato de metilo
487,3	33,7	325,3	0,249	0,240	1,40	0,00	1,12-Tricloro-1,2,2-Triflouroetano
497,0	36,6	301,0	0,600	0,201	0,92	0,28	Dietilamina
497,9	29,9	367,3	0,278	---	---	---	2-metil pentano
499,0	54,2	207,0	0,186	0,152	1,58	0,31	Etil mercaptano
506,9	46,3	228,0	0,326	0,215	1,72	0,62	Acetato de metilo
507,9	29,9	372,4	0,298	---	---	---	n-hexano
508,5	46,8	229,0	0,173	0,252	1,93	0,36	Formiato de etilo
508,7	46,6	213,5	0,309	0,187	2,88	0,00	Acetona
510,0	60,0	---	0,189	0,152	1,54	0,32	Diclorometano
513,2	78,5	118,0	0,557	0,105	1,66	1,21	Metanol
516,0	63,0	161,3	0,637	0,152	1,69	1,10	Etanol
523,3	37,8	286,0	0,373	0,278	1,78	0,50	Acetato de etilo
528,0	69,4	---	0,154	0,105	1,60	0,00	Yoduro de metilo
530,0	37,2	---	---	0,278	2,80	0,55	Metil n-propil cetona
530,6	39,5	282,0	0,347	0,326	1,69	0,49	Metil propionato

Tabla F-3 (cont.)

$T_c\ (K)$	$P_c\ (atm)$	$\bar{\nabla}_c$ $(cm^3/gmol)$	ω	ω_H	μ	η	**Sustancia**
532,8	37,4	319,0	0,231	---	---	---	Metilciclopentano
535,4	30,0	403,0	---	0,310	0,66	0,27	Trietilamina
536,6	54,0	276,0	0,214	0,187	1,02	0,28	Cloroformo
538,0	40,1	284,0	0,317	0,297	1,89	0,39	Formiato de propilo
540,2	27,0	431,9	0,349	---	---	---	n-Heptano
540,7	51,0	220,0	0,612	0,201	1,68	0,57	n-Propanol
544,1	25,4	468,9	0,303	---	---	---	Iso-Octano
547,9	47,7	173,1	0,321	0,152	3,94	0,00	Acetonitrilo
553,2	40,0	311,2	0,210	---	---	---	Ciclohexano
556,4	45,0	279,6	0,193	---	---	---	Tetracloruro de Carbono
562,0	48,6	260,1	0,211	---	---	---	Benceno
562,9	43,6	223,3	0,667	0,252	1,65	0,45	n-Butanol
569,4	24,6	493,1	0,392	---	---	---	n-Octano
572,3	34,32	372,4	0,235	---	---	---	Metilciclohexano
575,1	36,1	338,5	0,400	0,302	1,65	0,50	Metil isobutil cetona
588,0	62,3	203,9	0,346	0,187	3,44	0,00	Nitrometano
593,4	44,5	284,1	0,392	0,306	3,73	0,00	2-Nitropropano
594,0	40,0	331,1	0,241	---	---	---	Tolueno
594,2	50,9	250,7	0,366	0,215	3,65	0,00	Nitroetano
604,4	42,9	298,1	0,415	0,306	3,73	0,00	1-Nitropropano
619,0	20,8	620,0	0,479	---	---	---	n-Decano
620,4	56,0	---	---	0,215	2,20	0,20	Piridina
621,0	45,0	---	---	0,233	1,95	0,36	2-Picolina
645,0	45,0	---	---	0,233	2,40	0,34	3-Picolina
646,0	45,0	---	---	0,233	2,60	0,28	4-Picolina
647,4	218,3	55,2	0,344	0,010	1,83	0,00	Agua
656,0	38,4	375,2	0,292	0,270	2,00	0,00	Furfural

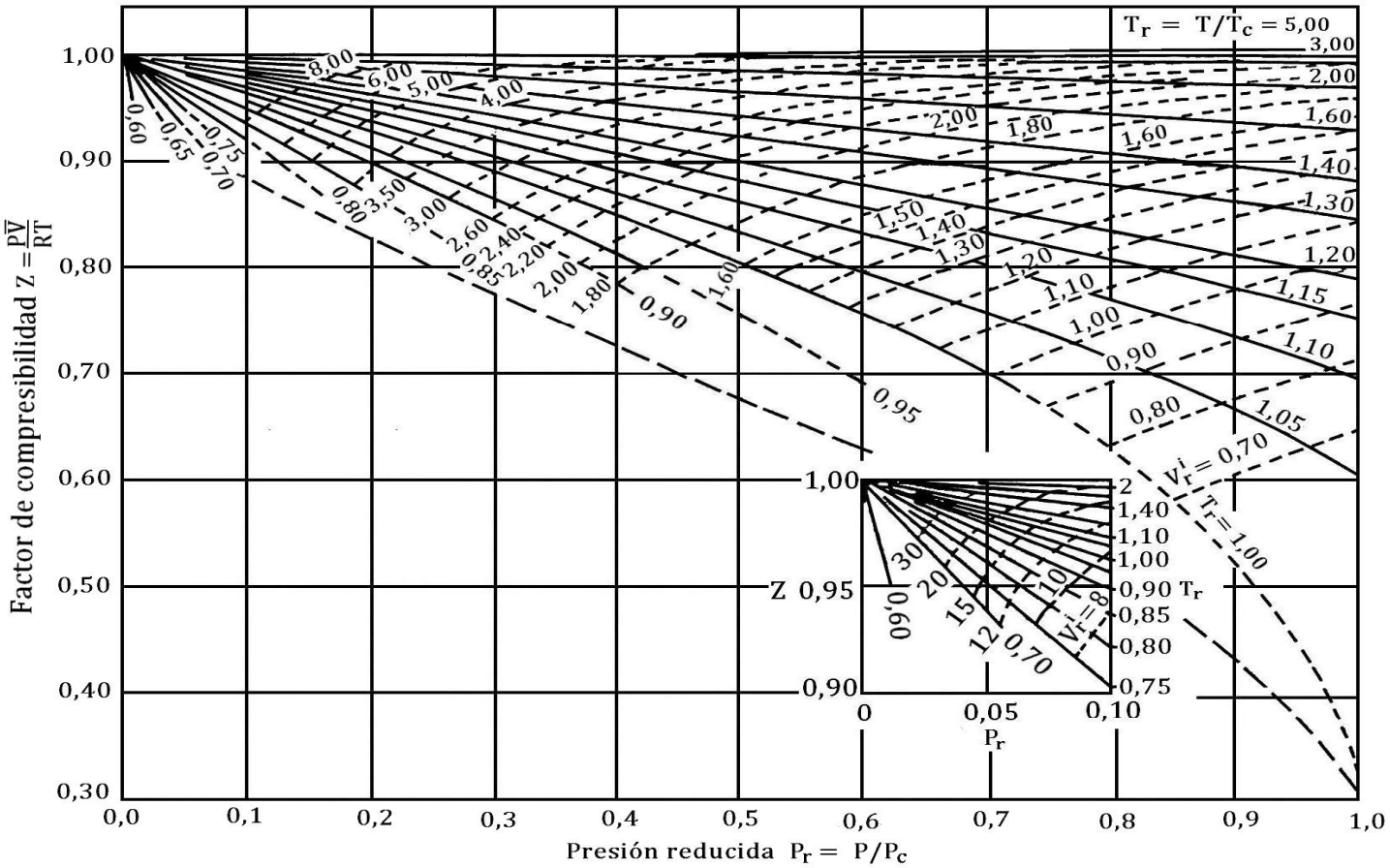


Figura 11a. Gráficas de compresibilidad generalizada

$$V_r^i = \frac{V}{RT_c/P_c} = \frac{ZTr}{P_r}$$

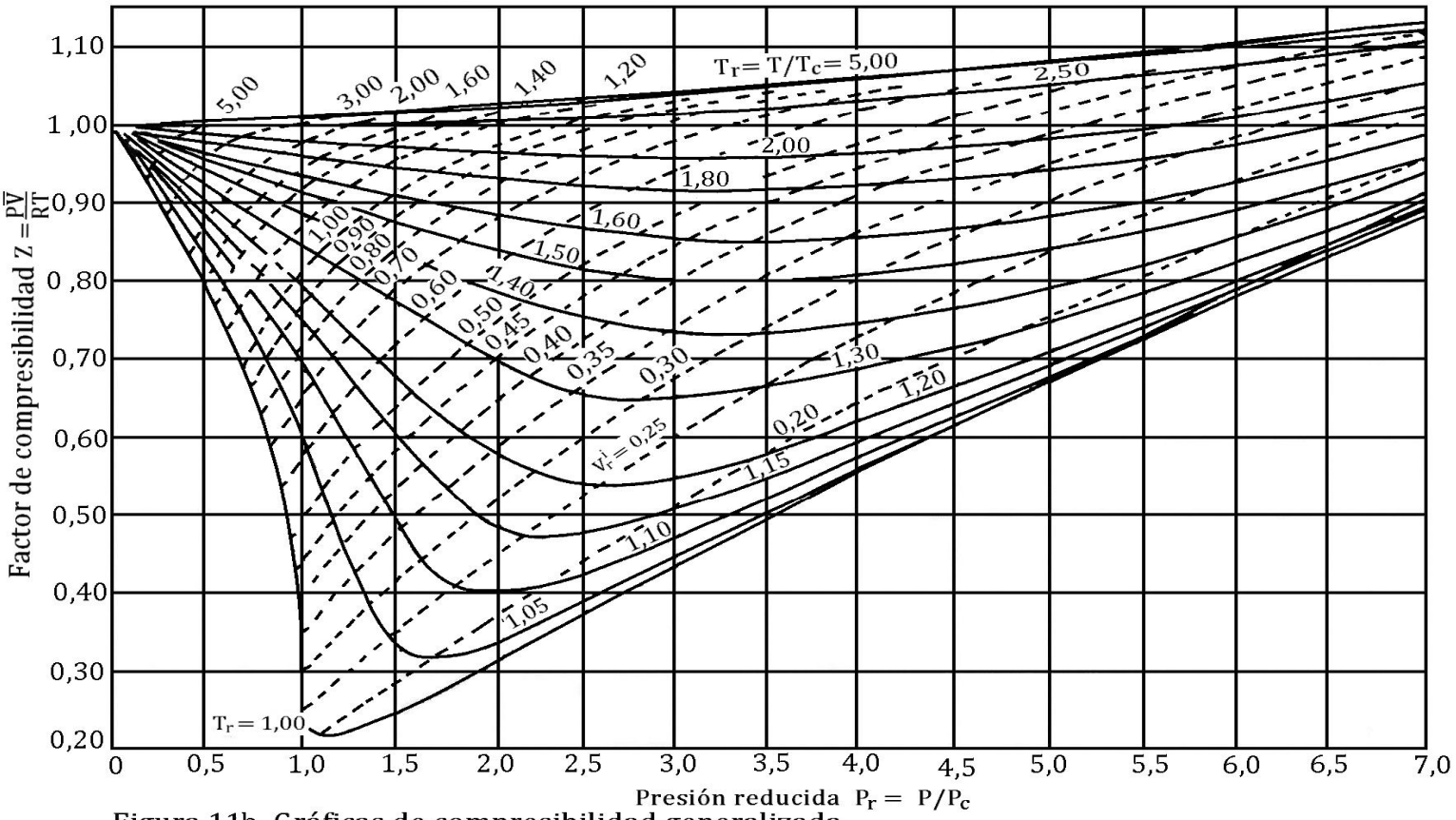


Figura 11b. Gráficas de compresibilidad generalizada

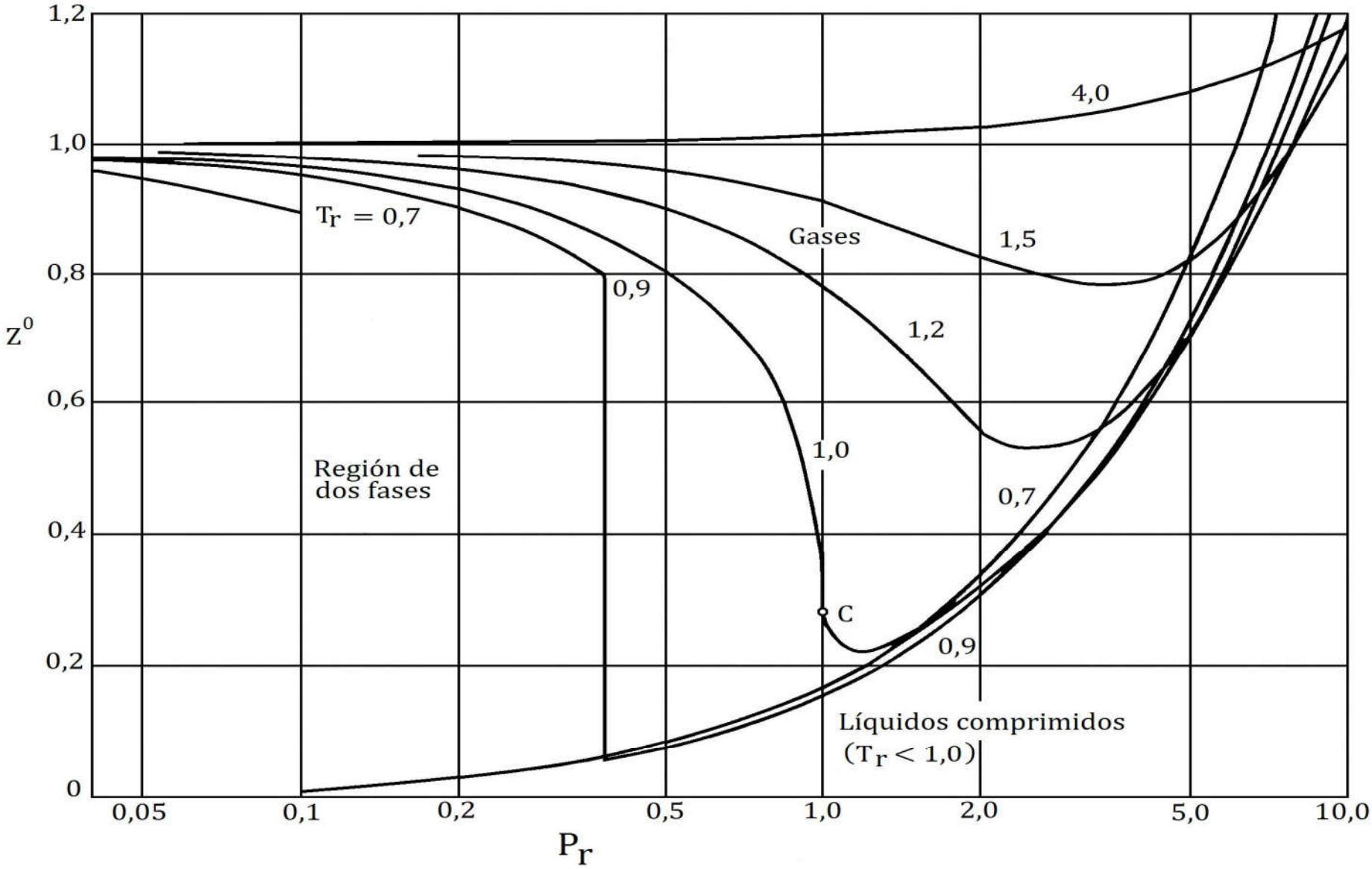


Figura 11.c Correlación de Lee/Kesler para $Z^0 = F^0(T_r, P_r)$.

Tabla G-1 Constantes para las ecuaciones de Van der Waals y Redlich-Kwong

	Van der Waals		Redlich − Kwong	
	a^* $\left[atm.\left(\frac{cm^3}{gmol}\right)^2\right]x10^{-6}$	$b^\dagger$ $\left(\frac{cm^3}{gmol}\right)$	$a^\ddagger$ $\left[(atm).(\mathrm{K}^{1/2})\left(\frac{cm^3}{gmol}\right)^2\right]x10^{-6}$	$b^\dagger$ $\left(\frac{cm^3}{gmol}\right)$
Aire	1,33	36,6	15,65	25,3
Amoníaco	4,19	37,3	85,00	25,7
Dióxido de carbono	3,60	42,8	63,81	29,7
Etano	5,50	65,1	97,42	45,1
Etileno	4,48	57,2	76,92	39,9
Hidrógeno	0,246	26,6	1,439	18,5
Metano	2,25	42,8	31,59	29,6
Nitrógeno	1,347	38,6	15,34	26,8
Oxígeno	1,36	31,9	17,12	22,1
Propano	9,24	90,7	180,2	62,7
Vapor de agua	5,48	30,6	140,9	21,1

$* \; Para\ convertir\ psia.\left(\frac{ft^3}{lbmol}\right)^2, multiplique\ el\ valor\ de\ la\ tabla\ por\ 3{,}776x10^{-3}$

$\dagger \; Para\ convertir\ \frac{ft^3}{lbmol}, multiplique\ el\ valor\ de\ la\ tabla\ por\ 1{,}60x10^{-2}$

$* \; Para\ convertir\ psia.\ (°\mathrm{R}^{1/2})\left(\frac{ft^3}{lbmol}\right)^2, multiplique\ el\ valor\ de\ la\ tabla\ por\ 5{,}067x10^{-3}$

Constantes de la ecuación de estado de Benedict-Webb-Rubin

Unidades: atmósferas, litros, moles, grados Kelvin, R = 0,08205

	Metano	Etano	Propano	n-Butano
B_o	0,0426000	0,0627724	0,0973130	0,124361
A_o	1,85500	4,15556	0,87225	10,0847
$C_o x10^{-6}$	0,0225700	0,179592	0,508256	0,992830
b	0,0038004	0,0111220	0,0225000	0,0399983
a	0,0494000	0,345160	0,947700	1,88231
$c\ x10^{-6}$	0,00254500	0,0327670	0,129000	0,316400
γ	0,0060000	0,0118000	0,0220000	0,0340000
u	0,000124359	0,000213389	0,000607175	0,00110132

Constantes de Beattie-Bridgeman

Gas	A_o	a	B_o	b	$c\ x10^{-4}$	*Intervalo de temperatura* ℃	Mïnimo v $(cm^3/gmol)$
He	0,0216	0,05984	0,01400	0,0	0,004	-252 a 400	100
H_2	0,1975	- 0,00506	0,02096	-0,04359	0,0504	-244 a 200	100
N_2	1,3445	0,02617	0,05046	-0,00691	4,20	-149 a 400	180
O_2	1,4911	0,02562	0,04624	0,004208	4,80	-117 a 100	110
Aire	1,3012	0,01931	0,04611	-0,01101	4,34	-145 a 200	125
CO_2	5,0065	0,07132	0,10476	0,07235	66,00	0 a 100	180
CH_4	2,2769	0,01855	0,05587	-0,01587	12,83	0 a 200	166

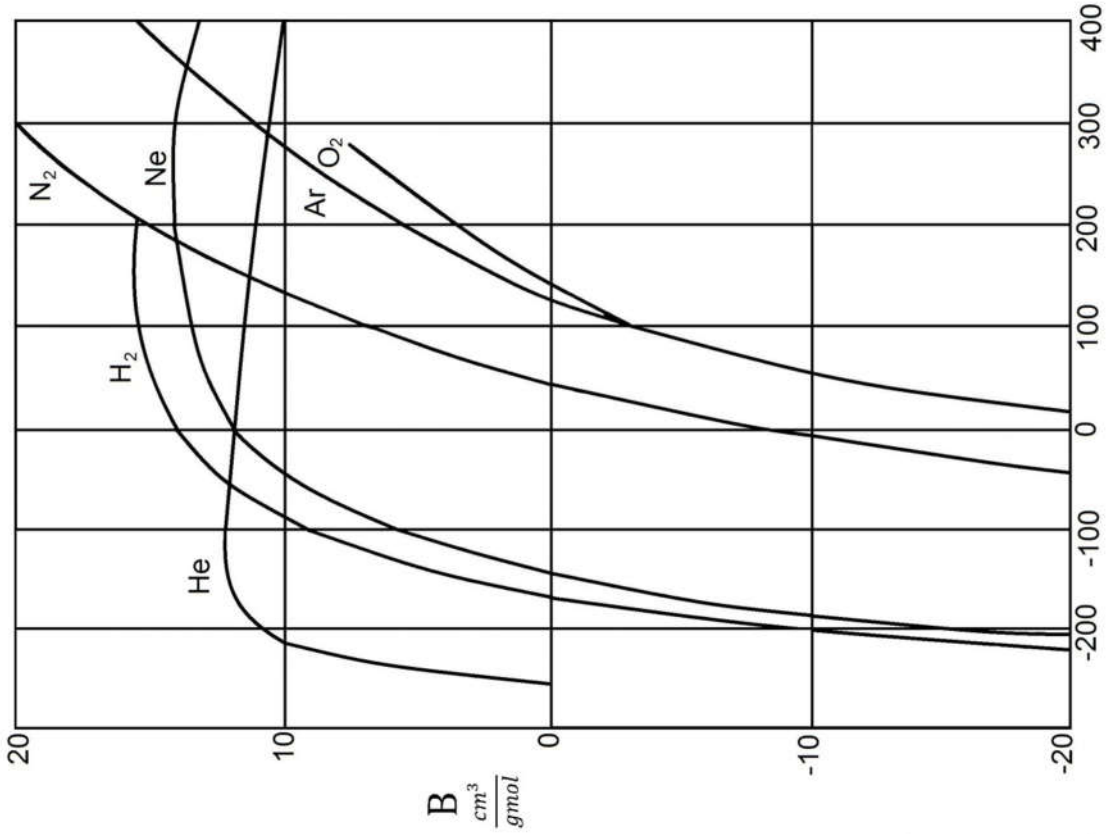


Fig. 12 Segundo coeficiente virial B de diversos gases como función de la temperatura

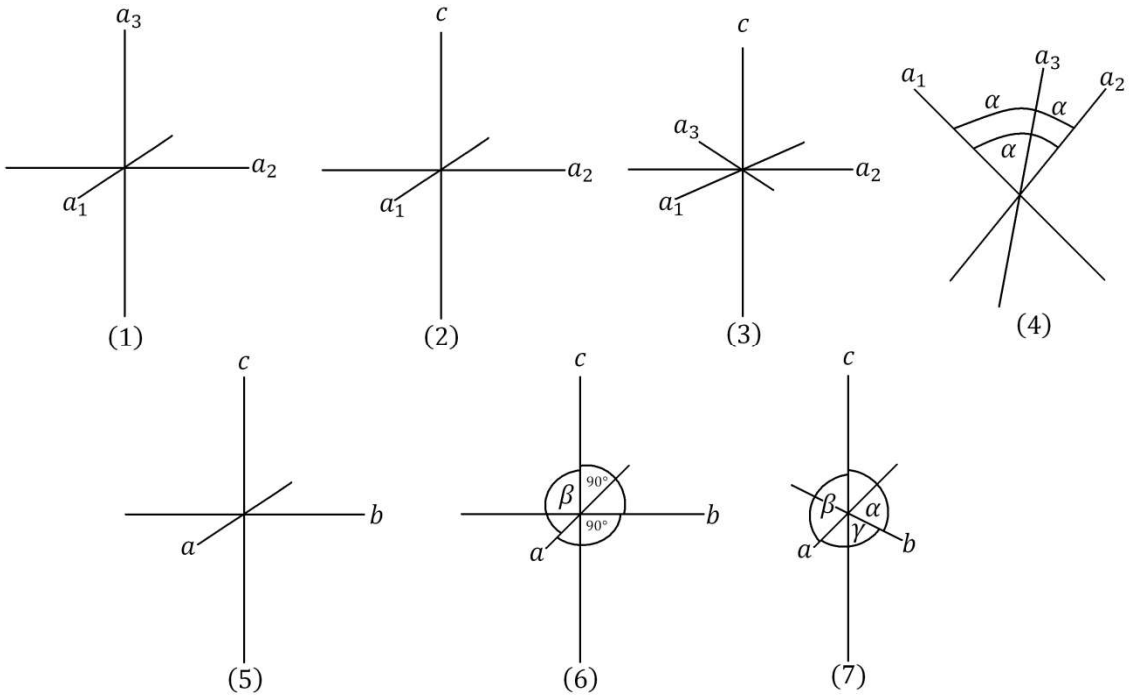
Tabla G-2 Coeficientes viriales de algunos gases

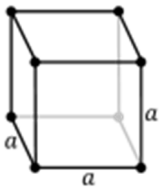
(P en atm y $\bar{v}$ en $l/gmol$)

T (°C)	A	B$x10^2$	C$x10^5$	D$x10^8$	E$x10^{11}$
Nitrógeno					
-50	18,312	-2,8790	14,980	-14,470	4,657
0	22,414	-1,0512	8,626	-6,910	1,704
100	30,619	0,6662	4,411	-3,534	0,9687
200	38,824	1,4763	2,775	-2,379	0,7600
Monóxido de carbono					
-50	18,312	-3,6878	17,900	-17,911	6,225
0	22,414	-1,4825	9,823	-7,721	1,947
100	30,619	0,4036	4,874	-3,618	0,9235
200	38,824	1,3163	3,052	-2,449	0,7266
Hidrógeno					
-50	18,312	1,2027	1,164	-1,741	1,022
0	22,414	1,3638	0,7851	-1,206	0,7354
500	63,447	1,7974	0,1003	-0,1619	0,1050

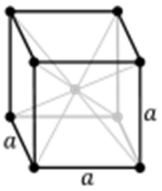
Tabla H Los sistemas cristalinos y sus características

Sistema	Carácteristicas axiales	α, β, γ
(1) Cúbico	$a_1 = a_2 = a_3$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
(2) Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
(3) Hexagonal	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	$\sphericalangle a_1/a_2 = a_2/a_3 = a_3/a_1 = 120^\circ$
		$\sphericalangle a_n/c = 90^\circ$
(4) Romboédrica (Trigonal)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
(5) Ortorrómbico	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
(6) Monoclínico	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta \neq 90^\circ$
(7) Triclínico	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
	$\alpha = \sphericalangle b/c \qquad \beta = \sphericalangle a/c \qquad \gamma = \sphericalangle a/b$	

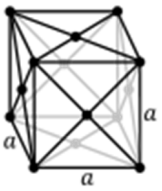




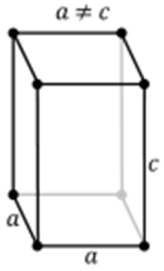
Cúbico simple



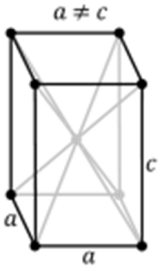
Cúbico de cuerpo centrado



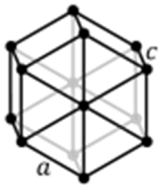
Cúbico de caras centradas



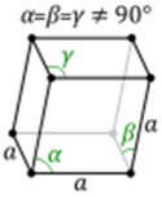
Tetragonal simple



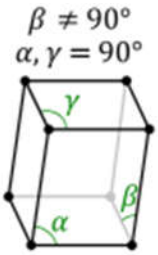
Tetragonal de cuerpo centrado



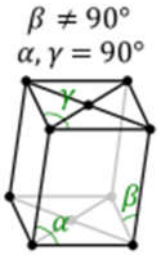
Hexagonal



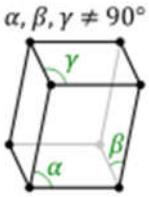
Trigonal romboédrica



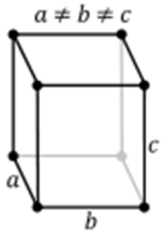
Monoclínico simple



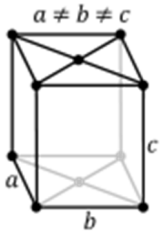
Monoclínico de caras básicas centradas



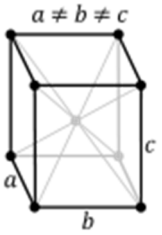
Triclínico



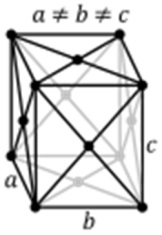
Ortorrómbico Simple



Ortorrómbico de caras básicas centradas



Ortorrómbico de cuerpo centrado



Ortorrómbico de caras centradas

Figura 13. Las catorce redes espaciales

Tabla I-1. CALORES DE FORMACIÓN Y CALORES DE COMBUSTIÓN DE COMPUESTOS A 25°C

Compuesto	Fórmula	PM	Estado	$-\Delta\hat{H}°_f$ $(kJ/gmol)$	$-\Delta\hat{H}°_c$ $(kJ/gmol)$
Acetaldehído	CH_3CHO	44,05	g	166,4	1192,36
Acetato de etilo	$C_4H_8O_2$	88,10	l g	463,2 426,8	2246,4
Acetato de metilo	$C_3H_6O_2$	74,08	l	409,4	1595
Acetileno	C_2H_2	26,04	g	-226,75	1299,61
Acetona	C_3H_6O	58,08	ac,200 g	410,03 216,69	 1821,38
Ácido acético	CH_3COOH	60,05	l g	409,19	871,69 919,73
Ácido benzoico	$C_7H_6O_2$	122,12	g	294,1	3226,7
Ácido fórmico	CH_2O_2	46,03	l g	409,2 362,6	262,8
Ácido bromhídrico	HBr	80,912	g	36,23	
Ácido cianhídrico	HCN	27,025	g	-130,54	
Ácido clorhídrico	HCl	36,46	g	92,312	
Ácido fosfórico	H_3PO_4	98,00	c ac ($1H_2O$)	1281 1278	
Ácido nítrico	HNO_3	63,02	l ac	173,23 206,57	
Ácido oxálico	$C_2H_2O_4$	90,04	c	826,8	251,9
Ácido sulfhídrico	H_2S	34,08	g	20,15	562,589
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	98,08	l ac	811,32 907,51	
Agua	H_2O	18,016	l g	285,840 241,826	
Alcohol bencílico	C_7H_8O	108,13	l		3741,8
Alcohol etílico	C_2H_5OH	46,07	l g	277,63 235,31	1366,91 1409,05
Alcohol isopropílico	C_3H_8O	60,09	l	310,9	1986,6
Alcohol metílico	CH_3OH	32,042	l g	238,64 201,25	726,55 793,96
Alcohol n-propílico	C_3H_8O	60,09	g	255	2068,6
Amoníaco	NH_3	17,03	l g	67,20 46,191	 382,58
Anilina	C_6H_7N	93,12	g	-87,1	3239
Arsenato de calcio	$Ca_3(AsO_4)_2$	398,06	c	3330,5	
Azufre	S	32,07	c (rómbico) c (monoclínico)	0 -0,297	
Benceno	C_6H_6	78,11	l g	-48,66 -82,927	3267,6 3301,5
Benzaldehído	C_6H_5CHO	106,12	l g	88,83 40,0	

Tabla I-1 (Cont.)

Compuesto	Fórmula	PM	Estado	$-\Delta\hat{H}°_f$ $(kJ/gmol)$	$-\Delta\hat{H}°_c$ $(kJ/gmol)$
Bicarbonato de sodio	$NaHCO_3$	84,01	c	945,6	
Bisulfato de sodio	$NaHSO_4$	120,07	c	1126	
Bromo	Br_2	159,83	l g	0 -30,7	
Bromuro de etilo	C_2H_5Br	108,98	g	54,4	
Bromuro de hidrógeno	HBr	80,92	g	36,23	
1,2-Butadieno	C_4H_6	54,092	g	162,3	2461,7
1,3-Butadieno	C_4H_6	54,092	g	109,24	2409
n-Butano	C_4H_{10}	58,12	l g	147,6 124,73	2855,6 2878,52
Isobutano	C_4H_{10}	58,12	l g	158,5 134,5	2849,0 2868,8
1-Buteno	C_4H_8	56,10	g	-1,172	2718,58
Carbonato de amonio	$(NH_4)_2CO_3$		c ac	 941,86	
Carbonato de calcio	$CaCO_3$	100,09	c	1206,9	
Carbonato de sodio	Na_2CO_3	105,99	c	1130	
Carbono	C	12,010	Grafito (β)		393,51
Dióxido de carbono					
Carburo de calcio	CaC_2	64,10	c	62,7	
Cianuro de calcio	$CaCN_2$	80,11	c	352	
Cianuro de sodio	NaCN	49,01	c	89,79	
Ciclohexano	C_6H_{12}	84,16	l g	156,2 123,1	3919,9 3953,0
Ciclopentano	C_5H_{10}	70,13	l g	105,8 77,23	3290,9 3319,5
Cloroetano	C_2H_5Cl	64,51	g	105,0	1421,1
Cloruro de amonio	NH_4Cl	53,50	c	315,4	
Cloruro de azufre	S_2Cl_2	135,05	l	60,3	
Cloruro de calcio	$CaCl_2$	110,99	c	794,9	
Cloruro de etileno	C_2H_3Cl	62,498	g	-31,38	1271,5
Cloruro de etilo	C_2H_5Cl	64,514	g	105	
Cloruro de magnesio	$MgCl_2$	95,23	c	641,83	
Cloruro de metilo	CH_3Cl	50,49	g	81,923	766,63
Cloruro de sodio	NaCl	58,45	c	411,00	
Cloruro férrico	$FeCl_3$	162,2	c	403,34	
Cloruro ferroso	$FeCl_2$	126,751	c	342,67	303,76
Cumeno (Isopropilbenceno)	$C_6H_5CH(CH_3)_2$	120,19	l g	41,20 -3,93	5215,44 5260,59
Dióxido de azufre	SO_2	64,066	g	296,90	
Dióxido de carbono	CO_2	44,010	l g	412,92 393,51	
Dióxido de nitrógeno	NO_2	46,010	g	-33,85	
Dióxido de silicio	SiO_2	60,09	c	851,0	

Tabla I-1 (Cont.)

Compuesto	Fórmula	PM	Estado	$-\Delta\hat{H}°_f$ $(kJ/gmol)$	$-\Delta\hat{H}°_c$ $(kJ/gmol)$
Disulfuro de carbono	CS_2	76,14	l g	-87,86 -115,3	1075,2 1102,6
Etano	C_2H_6	30,07	g	84,667	1559,9
Éter dietílico	$(C_2H_5)_2O$	74,12	l	272,8	2726,7
Etil benceno	$C_6H_5C_2H_5$	106,16	l	12,46 -29,79	4564,87 4607,13
3-Etil hexano	C_8H_{18}	114,22	l g	250,5 210,9	5470,12 5509,78
Etilen glicol	$C_2H_6O_2$	62,07	l g	451,5 387,1	1179,5
Etileno	C_2H_4	28,05	g	-52,283	1410,99
Fenol	C_6H_5OH	94,11	l g	158,1 90,8	3063,5 (s)
Formaldehído	H_2CO	30,03	g	115,89	563,46
Fosfato de calcio	$Ca_3(PO_4)_2$	310,19	c	4137,6	
Fósforo	P_4	123,90	c	0	
Glicerol	$C_3H_8O_3$	92,09	l	665,9	1661,1
n-Heptano	C_7H_{16}	100,20	l g	224,4 187,8	4816,91 4853,48
n-Hexano	C_6H_{14}	86,17	l g	198,8 167,2	4163,1 4194,753
Hidrógeno	H_2	2,016	g	0	285,84
Hidróxido de amonio	NH_4OH	35,04	ac	366,5	
Hidróxido de calcio	$Ca(OH)_2$	74,10	c	986,59	
Hidróxido de magnesio	$Mg(OH)_2$	58,34	c	924,66	
Hidróxido de sodio	NaOH	40,00	c ac	426,6 469,4	
Isobutano	C_4H_{10}	58,12	l g	158,4 134,5	2849,0 2868,8
Isopentano	C_5H_{12}	72,15	l g	179,3 152,0	3507,5 3529,2
Metano	CH_4	16,041	g	74,84	890,4
Metilamina	CH_5N	31,06	l g	 28,0	1071,5
Metil etil cetona	C_8H_4O	72,10	l		2436
Naftaleno	$C_{10}H_8$	128,16	G		5157
Metil ciclohexano	C_7H_{14}	98,182	l g	190,2 154,8	4565,29 4600,68
Metil ciclopentano	C_6H_{12}	84,156	l g	138,4 106,7	3937,7 3969,4
Monóxido de carbono	CO	28,01	g	110,52	282,99
Nitrato de amonio	NH_4NO_3	80,05	g ac	366,1 339,4	
Nitrato de sodio	$NaNO_3$	85,00	c	466,68	

Tabla I-1 (Cont.)

Compuesto	Fórmula	PM	Estado	$-\Delta\hat{H}^{\circ}_{f}$ $(kJ/gmol)$	$-\Delta\hat{H}^{\circ}_{c}$ $(kJ/gmol)$
Nitrito de sodio	$NaNO_2$	69,00	c	359	
Óxido de boro	B_2O_3	69,6182	c l	1263 1245,2	
Óxido de calcio	CaO	56,08	c	635,6	
Óxido de magnesio	MgO	40,32	c	601,83	
Óxido de plomo	PbO	223,21	c	219,2	
Óxido férrico	Fe_2O_3	159,70	c	822,156	
Óxido ferroso	FeO	71,84	c	267	
Óxido ferrosoférrico	Fe_3O_4	231,55	c	1116,7	
Óxido nítrico	NO	30,01	g	-90,374	
Óxido nitroso	N_2O	44,02	g	-81,55	
n-Pentano	C_5H_{10}	72,15	l g	173,1 146,4	3509,5 3536,15
Pentóxido de fósforo	P_2O_5	141,95	c	1506	
Propano	C_3H_8	44,09	l g	119,84 103,85	2204,0 2220,0
Propeno	C_3H_6	42,078	g	-20,41	2058,47
n-Propilbenceno	$C_6H_5CH_2C_2H_5$	120,19	l g	38,40 -7,824	5218,2 5264,5
Silicato de calcio	$CaSiO_3$	116,17	c	1584	
Sulfato cúprico	$CuSO_4$	159,606	c ac	769,86 843,12	
Sulfato de amonio	$(NH_4)_2SO_4$	132,14	c ac	1179,3 1173,1	
Sulfato de calcio	$CaSO_4$	136,148	c ac	1432,7 1450,5	
Sulfato de calcio (yeso)	$CaSO_4 \cdot H_2O$	172,18	c	2021,1	
Sulfato de sodio	Na_2SO_4	142,05	c	1384,5	
Sulfato de zinc	$ZnSO_4$	161,44	c ac	978,55 1059,93	
Sulfito de sodio	Na_2SO_3	126,05	c	1090	
Sulfuro de sodio	Na_2S	78,05	c	373	
Sulfuro férrico	FeS_2		c	177,9	
Sulfuro ferroso	FeS		c	95,06	
Tetracloruro de carbono	CCl_4		l	139,5	352,2
Tiosulfato de sodio	$Na_2S_2O_3$	158,11	c	1117	
Tolueno	$C_6H_5CH_3$	92,13	l g	-11,99 -50,000	3909,9 3947,9
Trióxido de azufre	SO_3	80,066	g	395,18	
m-Xileno	$C_6H_4(CH_3)_2$	106,16	l g	25,42 -17,24	4551,86 4594,53
o-Xileno	$C_6H_4(CH_3)_2$	106,16	l g	24,44 -19,00	4552,86 4596,29
p-Xileno	$C_6H_4(CH_3)_2$	106,16	l g	24,43 -17,95	4552,86 4595,25

Leyenda de la Tabla I-1

Nota 1: Para el calor de combustión estándar los estados de referencia son: 25 °C y 1 atm, y los compuestos O_2, N_2, CO_2, HCl(c), CO, SO_2, NO_2 y H_2O(líquida) para los cuales ΔHc° es igual a cero.

Nota 2: Para el calor de formación estándar los estados de referencia son: 25 °C y 1 atm, y los elementos, para los cuales ΔHf° es igual a cero.

Nota 3: Al leer el valor de los calores de formación o de combustión debe multiplicar por el signo menos indicado en la primera línea de la tabla que acompaña a la propiedad.

Tabla I-2. Capacidades caloríficas medias a presión constante para algunos gases ideales

$\hat{C}_{Pm}$ para gases ideales (J/mol) Presión: 1 atmósfera Temperatura de referencia: 25°C										
T (°C)	H_2O	Aire	CO_2	SO_2	C_2H_6	H_2	CH_4	CO	N_2	O_2
25	33,64	29,05	37,15	39,87	52,81	28,84	35,68	29,05	29,06	29,39
100	33,92	29,21	38,63	41,21	57,82	28,86	37,74	29,22	29,16	29,80
200	34,35	29,46	40,43	42,83	64,15	28,90	40,52	29,47	29,33	30,31
300	34,83	29,72	42,04	44,24	70,09	28,96	43,32	29,73	29,54	30,78
400	35,35	30,00	43,46	45,44	75,64	29,04	46,14	30,03	29,79	31,22
500	35,93	30,31	44,69	46,44	80,81	29,15	48,99	30,34	30,08	31,61
600	36,56	30,64	45,72	47,22	85,59	29,28	51,86	30,68	30,40	31,96
700	37,24	30,98	46,56	47,80	89,98	29,42	54,76	31,04	30,77	32,27
800	37,97	31,35	47,21	48,18	93,98	29,60	57,68	31,43	31,17	32,54
900	38,75	31,74	47,67	48,35	97,60	29,79	60,62	31,84	31,67	32,77
1000	39,59	32,16	47,93	48,31	100,83	30,00	63,59	32,27	32,08	32,96
1100	40,47	32,59	48,01	48,06	103,67	30,24	66,58	32,73	32,60	33,11
1200	41,40	33,04	47,88	47,61	106,12	30,50	69,60	33,21	33,15	33,21
1300	42,39	33,52	47,57	46,95	108,18	30,78	72,64	33,71	33,74	33,28
1400	43,25	33,95	47,70	46,76	111,13	31,01	75,63	34,16	34,25	33,44
1500	44,34	34,47	47,00	45,68	112,42	31,33	78,72	34,71	34,92	33,43

Fuente: construida a partir de la ecuación

$$\hat{C}_{Pm} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\hat{C}_P dT}{(T_2 - T_1)} = a + \frac{b}{2}(T_1 - T_2) + \frac{c}{3}(T_1^2 + T_1 T_2 + T_2^2)$$

Con datos del $\hat{C}_P$ del D. Himmelblau, "Principios Básicos y cálculos en ingeniería Química". Sexta edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, SA, México, 1997.

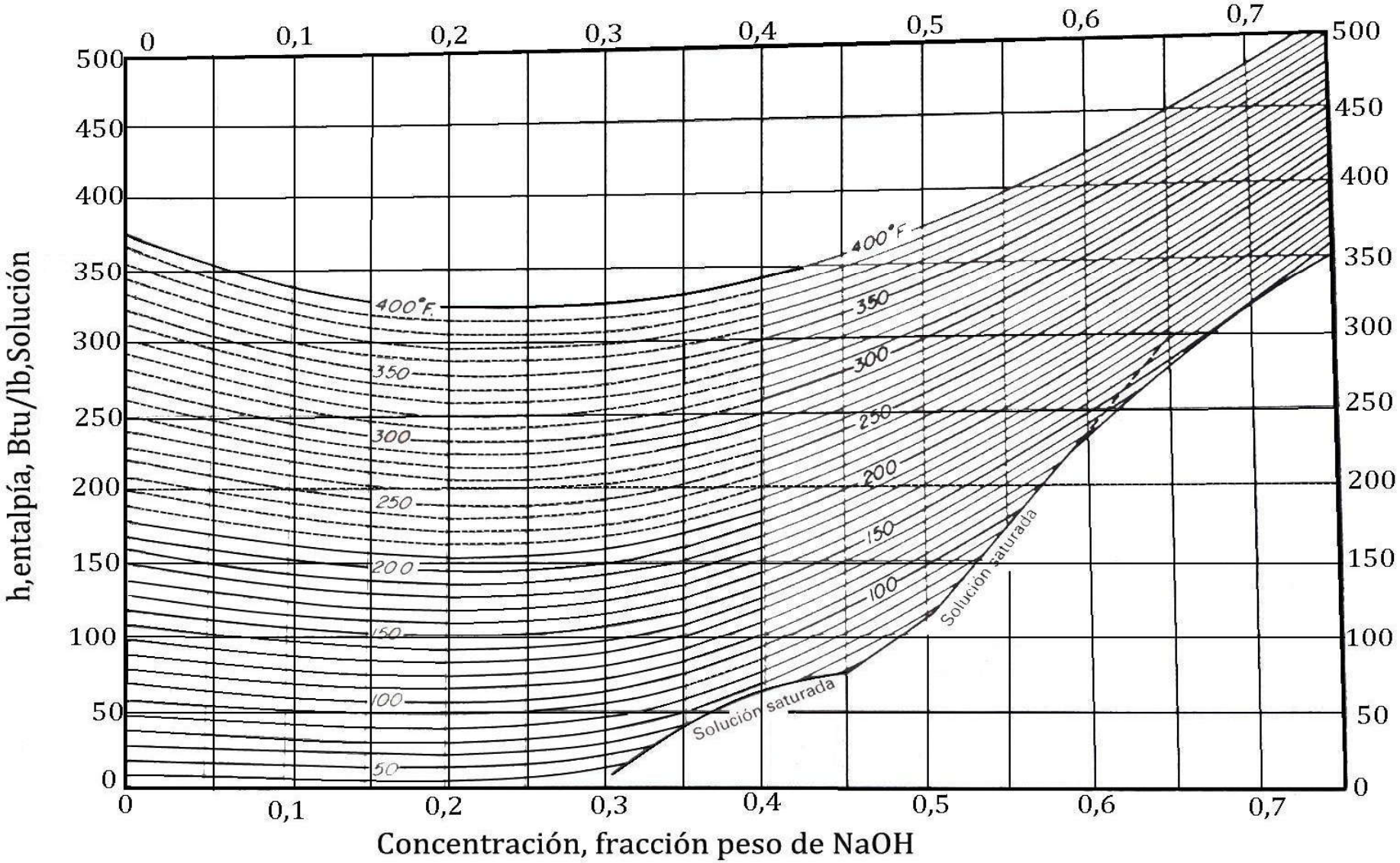


Fig. 14 Diagrama entalpía-concentración para el hidróxido de sodio acuoso a 1 atm. Estados de referencia : entalpía del agua líquida a 32 °F , y la presión de vapor es cero; la entalpía molar parcial de la disolución de NaOH a dilución infinita a 64 °F y 1 atm es cero. [McCabe, Trans. Am. Inst. Chem. Eng., 31, 129 (1935)].

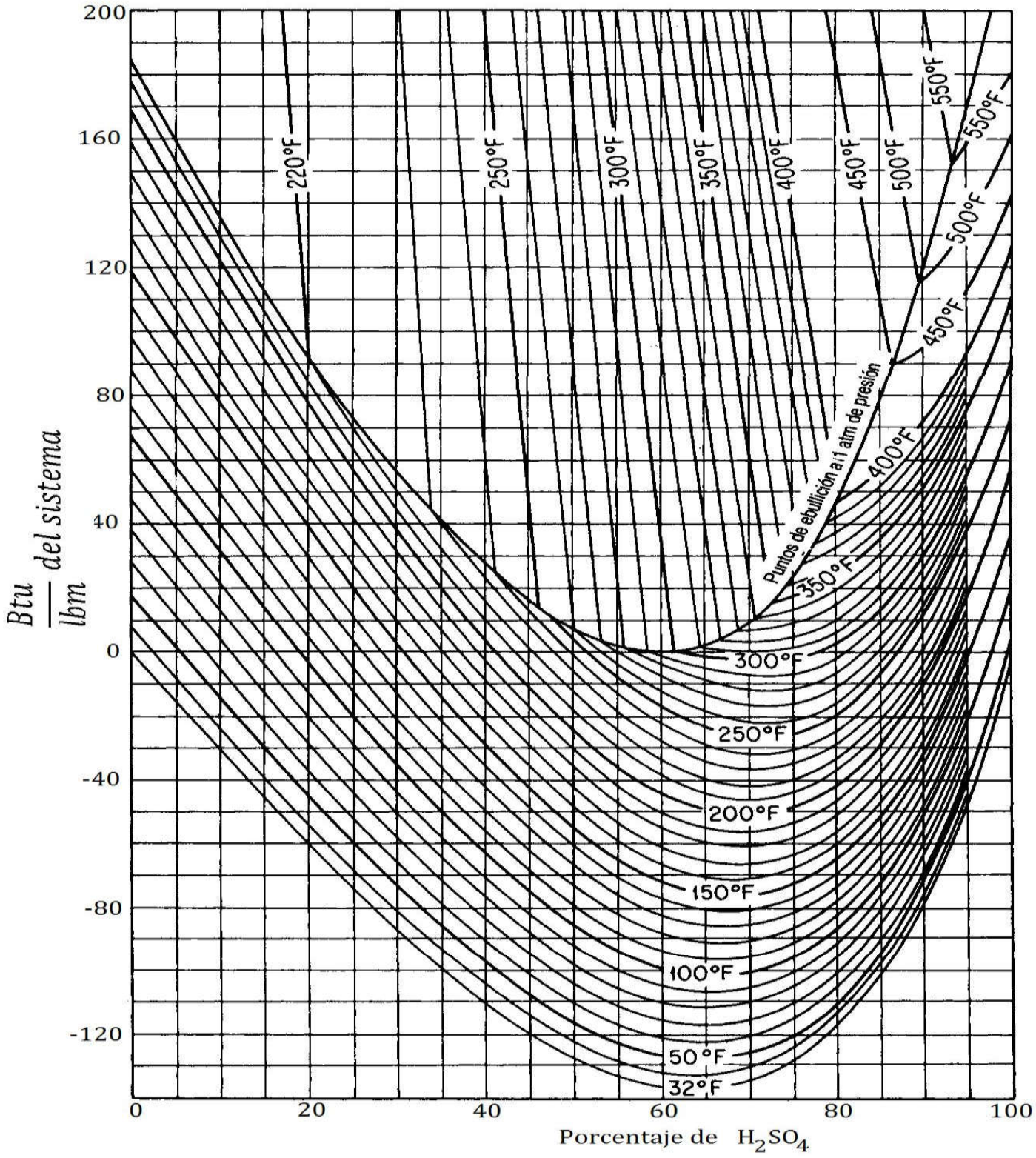


Figura 15. Diagrama entalpía-concentración del sistema ácido sulfúrico-agua relativo a los componentes puros. (Agua y H_2SO_4 32°F y su propia presión de vapor.) (Datos de International Critical Tables , 1943 O. A. Hougen y K. M. Watson.)

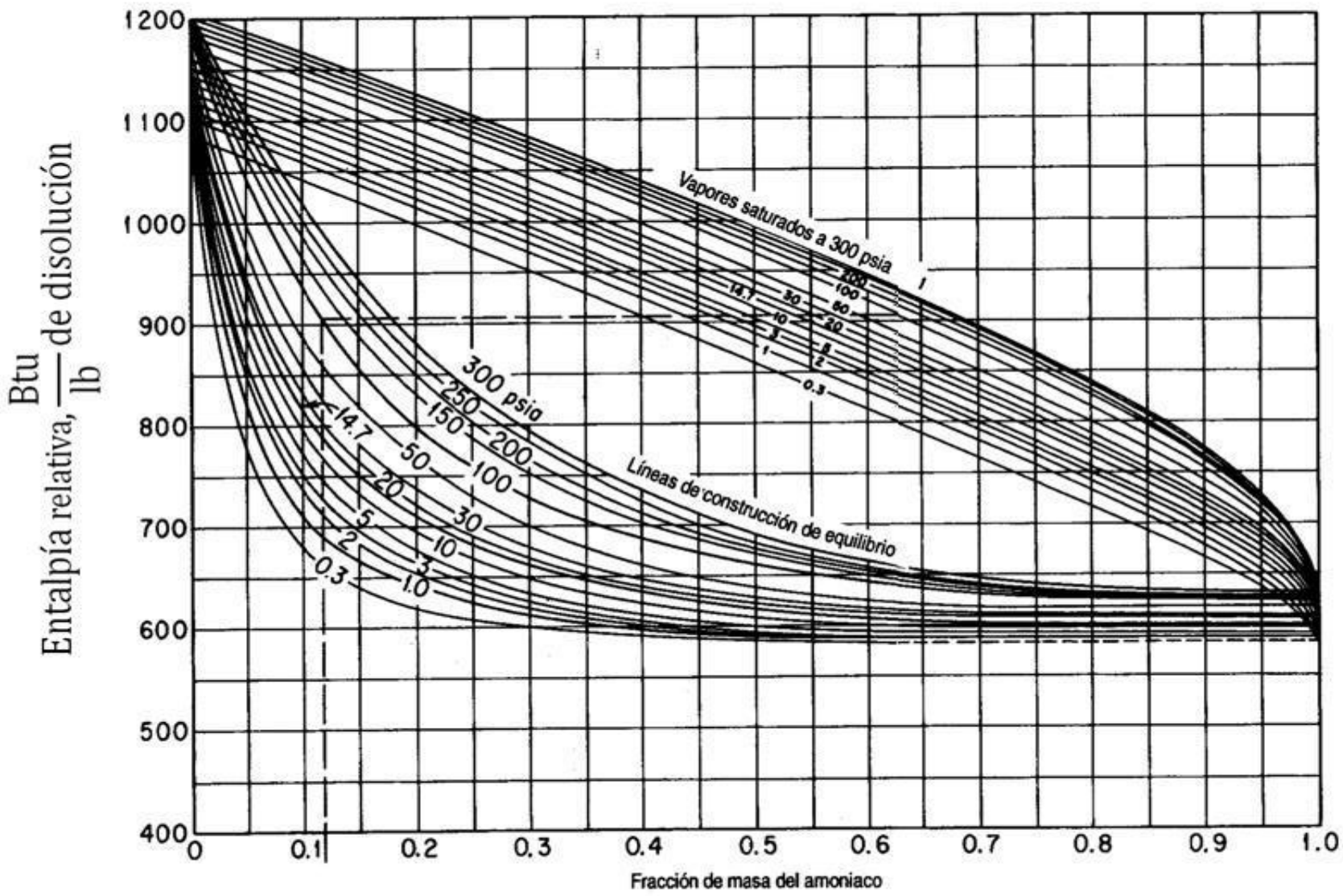


Figura 16 Diagrama entalpía concentración para $NH_3 - H_2O$